Mis Primeros Conocimientos

La Tierra

Astronomia

Meteorologia

Mis Primeros Conocimientos

La Tierra

Astronomia

Meteorologia

MIS PRIMEROS CONOCIMIENTOS

MIS PRIMEROS

CONOCIMIENTOS

La Tierra
Astronomía
Meteorología

Editorial Cumbre, S.A.

Edición en español
bajo la dirección del
Dr. Frank Thompson

DERECHOS RESERVADOS CONFORME A LA LEY

Vigésima tercera edición: 1983
Tercera reimpresión: marzo de 1986

ISBN 968-33-0001-4

IMPRESO Y HECHO EN MÉXICO
PRINTED AND MADE IN MEXICO

SUMARIO

LA TIERRA

Nuestro planeta 11
¿Cómo empezó todo? 16
¿De qué está hecha la tierra? 21
Familia de rocas 26
Los tesoros de la tierra 32
La corteza flexible 33
Los volcanes 39
Roca candente subterránea 41
Destrucción de las montañas 48
Historia de un río 51
El libro de la historia del mundo 54
Aguas subterráneas 59
Glaciares 64
La tierra, a través del tiempo 67

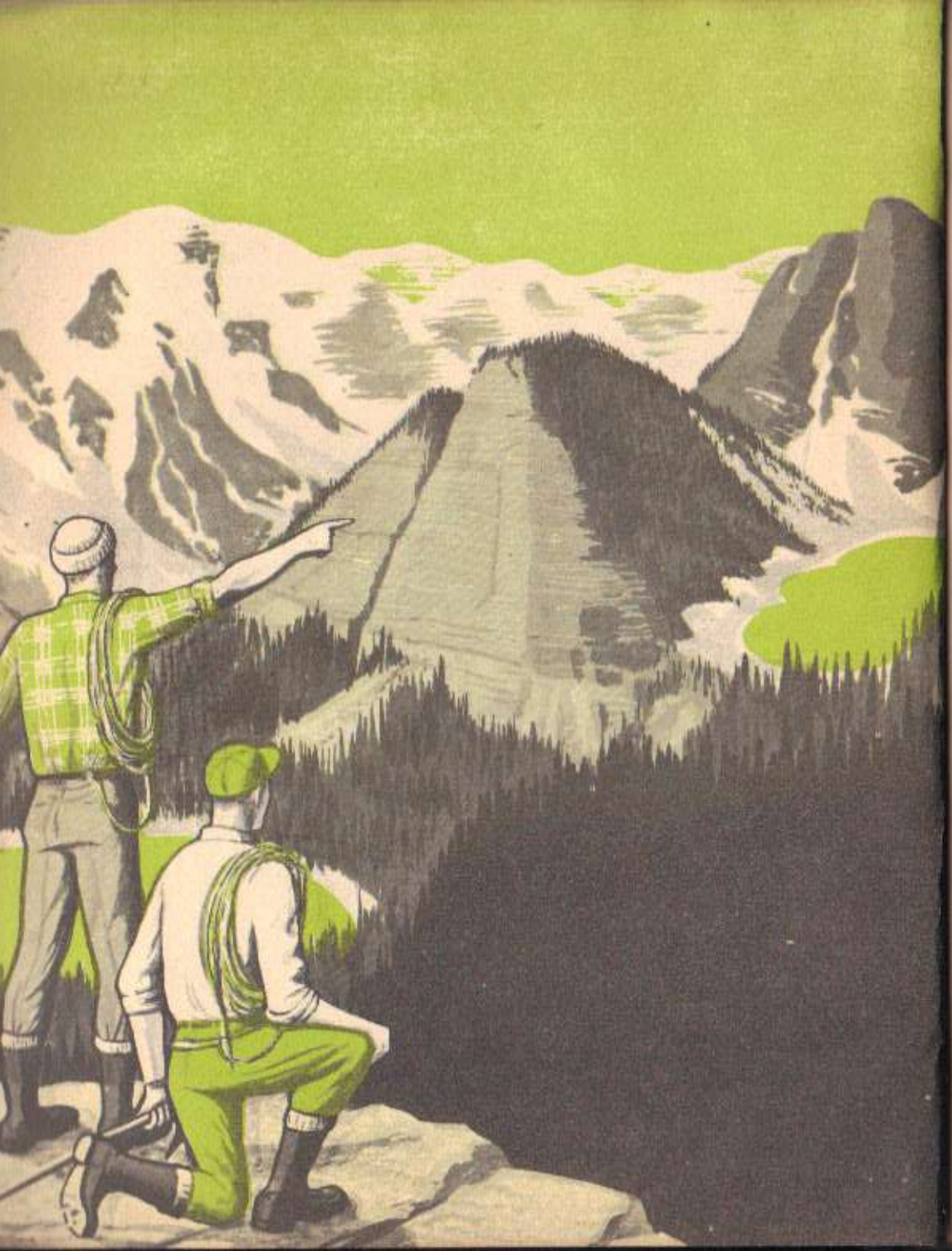
ASTRONOMIA

La Tierra, nuestro planeta 78
La atmósfera 83
La órbita de la Tierra 85
La Luna, satélite de la Tierra 87
El Sol 99
Los vecinos de la familia solar 105
Mercurio 106
Venus 108

Marte 109
Los asteroides 112
Júpiter 115
Saturno 115
Urano y Neptuno 117
Plutón 118
Características de los planetas del Sistema Solar 120
Meteoros y meteoritos 122
Cometas 124
Más allá del Sistema Solar 126
Constelaciones de la primavera, Hemisferio Boreal 132
Constelaciones del verano, Hemisferio Boreal 133
Constelaciones del otoño, Hemisferio Boreal 134
Constelaciones del invierno, Hemisferio Boreal 135
Nuestra galaxia y más allá 140

METEOROLOGIA

El aire que nos rodea 147
Calentando un planeta 154
Tiempo y clima 158
Tomando la temperatura del aire 161
Lo que ocurre cuando se calienta el aire 163
Los barómetros y su funcionamiento 165
Los vientos, grandes y pequeños 168
Cómo comienza el viento 171
Vientos planetarios 173
Los huracanes de la A a la Z 174
¡Tornado! 175
Agua por todas partes 177
Indicadores de humedad 181
El rocío y la escarcha 182
La niebla y el humo 183
Formación de las nubes 184
Tipos de nubes 186
Gotas de agua 187
Chubascos con truenos 189
Medición de la lluvia 192
Lluvia artificial 193
Hielo del cielo 195
La nieve 196
Desfile del tiempo 197
Batallas entre masas de aire 200
Cómo se pronostica 202
Cómo se lee un mapa meteorológico 205
Pronostique usted mismo el tiempo 207



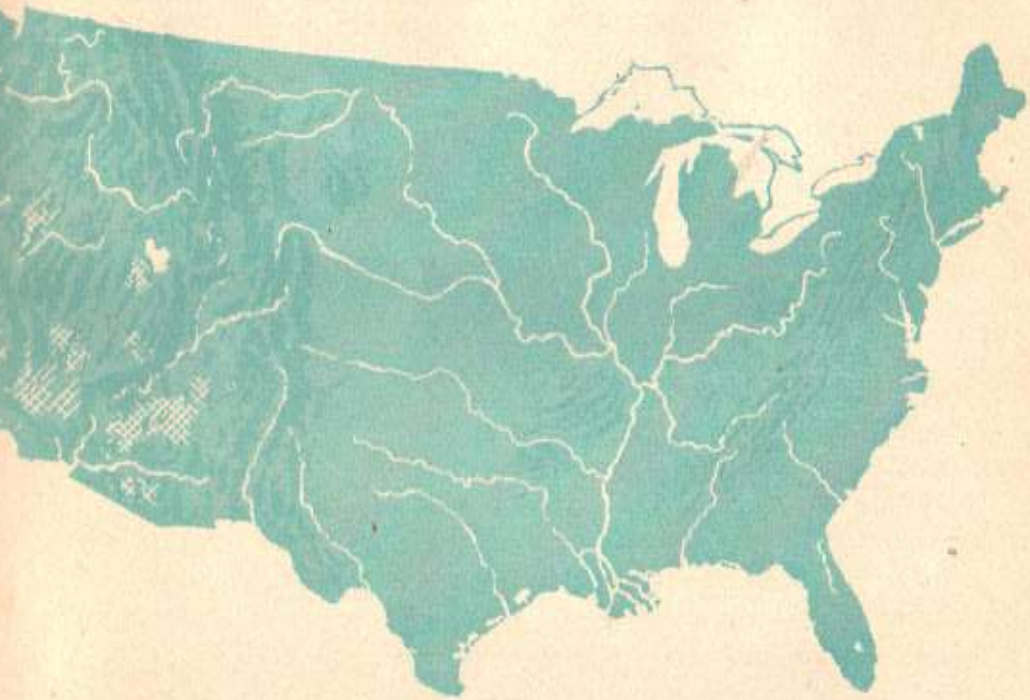
Mis Primeros Conocimientos de

TIERRA

POR O. Irene Sevrey

ILUSTRACIONES DE MILDRED WALTRIP

LA AUTORA y el editor desean expresar su agradecimiento a Brian H. Mason, Ph.D., Director de Geología Física y Mineralogía, del Museo Americano de Historia Natural, Nueva York, por las valiosas observaciones que hizo en cuanto al texto y las ilustraciones de este libro.



nuestro planeta

¿Has visto alguna vez un mapa hecho especialmente para que aparezcan con toda claridad los ríos y las montañas, los lagos y las llanuras de tu país? A esa clase de mapa se le llama de relieve y es muy distinto del mapa que indica distritos y ciudades. En el mapa de relieve podemos ver las montañas que se elevan desde las planicies. También podemos estudiar los ríos, que comienzan como pequeñas corrientes y que se van ensanchando, más y más, hasta llegar al mar. Algunas regiones están llenas de lagos, grandes y pequeños. Otras partes del país, no tienen vías fluviales.

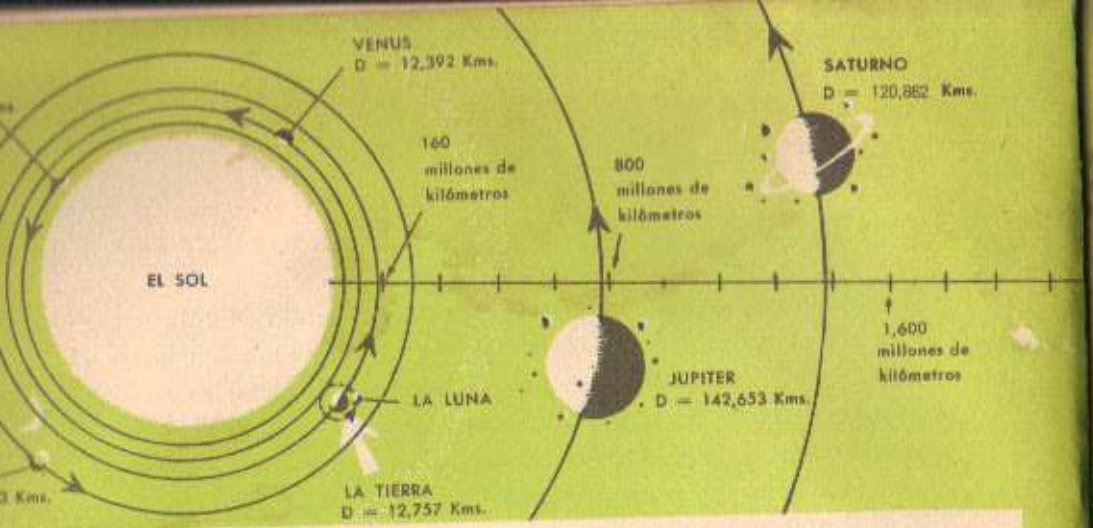
Supongamos que alguien nos pidiera que dibujáramos un mapa en el que aparecieran las colinas, los valles, los arroyos y los estanques de la región en que vivimos. Probablemente podríamos trazar ese mapa de memoria.

"¿Cómo sabes que así es, sin examinar el terreno?" podría preguntarnos un amigo.

"Porque así ha sido siempre. He subido esa colina muchísimas veces", podríamos contestar, señalando una altura indicada en el mapa.

Sin embargo, todas las colinas y los valles, todos los arroyos y lagos, toda la Tierra misma tuvieron un principio. ¿Nos hemos detenido alguna vez a pensar cómo ocurrió que todo haya llegado a ser exactamente como lo es ahora? ¿Por qué hay montañas en algunas partes de la Tierra, llanuras en otras y océanos en otras?

Durante miles de años intrigaron al hombre esas preguntas. Empezó a examinar más detenidamente la Tierra. Gradualmente fue obteniendo las respuestas a muchas de sus preguntas.



La Tierra es un libro abierto, que revela gran parte de su historia a aquellos que saben leerlo.

Quienes mejor leen la historia de la Tierra son los geólogos. Se dedican al estudio de la Tierra. Otro grupo de hombres de ciencia, el de los astrónomos, estudia las estrellas y el lugar que le corresponde a la Tierra entre ellas. Entre los geólogos y los astrónomos han descubierto gran parte de la historia de la Tierra.

Ambos grupos convienen en que la Tierra es una enorme bola de roca que se mueve a gran velocidad en torno del Sol. Se le llama planeta, nombre que significa "errante". Giran en torno del Sol nueve planetas — cuatro más grandes que la Tierra, tres más pequeños, y uno, Venus, casi de su mismo tamaño.

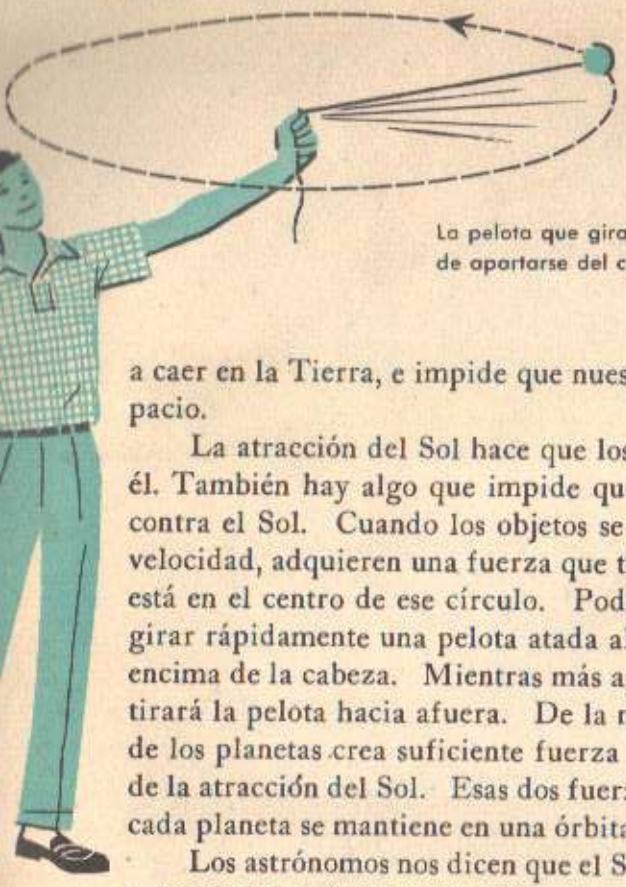
Algunos de los planetas tienen lunas — bolas de roca que los acompañan. La Tierra tiene sólo una luna, en tanto que Júpiter, otro planeta, tiene trece.

Acompañan también a los planetas unas bolas pequeñas de roca, llamadas asteroides. Asimismo, giran en torno del Sol muchos miles de pedazos pequeños de roca. A esos cuerpos se les llama meteoros, palabra griega que significa "elevado en el aire".

En torno del Sol y a muy diversas distancias giran nueve planetas. Sus respectivos diámetros en el ecuador se indican en este diagrama por medio de la letra D seguida de un número. Las marcas en la línea horizontal representan distancias de 160 millones de kilómetros.

Algunos astrónomos creen que los meteoros proceden de un planeta que estalló. Los meteoros que entran en la atmósfera terrestre generalmente se ponen al rojo vivo y se queman antes de llegar al suelo. Si observamos el firmamento de noche, con frecuencia los veremos cruzar los cielos a toda velocidad.

Los planetas, con sus lunas, los asteroides y los meteoros giran en torno del Sol a gran velocidad. Son la familia del Sol. Se mantienen unidos por una fuerza enorme llamada gravedad. Todos hemos visto los efectos de la gravedad. La gravedad es el "empuje" que todo objeto ejerce sobre todos los demás objetos. Mientras más grande sea el objeto y más materia contenga, mayor será su atracción sobre los demás cuerpos. Cuando saltamos en el aire, la gravedad de la Tierra nos obliga a descender. Cuando arrojamos una pelota, la gravedad la hace caer. Cuando una fruta cae de un árbol o gotas de lluvia caen de las nubes, la gravedad es lo que las atrae al suelo. La gravedad atrae a algunos objetos más que a otros, por lo que esos objetos son más pesados, pues la atracción de la fuerza de la gravedad da a los objetos su peso. La fuerza de la gravedad terrestre es tan grande que obliga a los meteoros

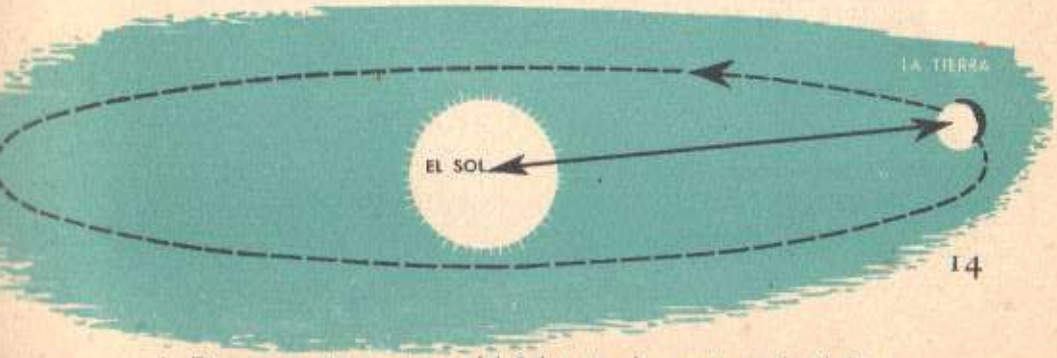


La pelota que gira en el extremo de un cordel trata de apartarse del centro del círculo que traza.

a caer en la Tierra, e impide que nuestra Luna se pierda en el espacio.

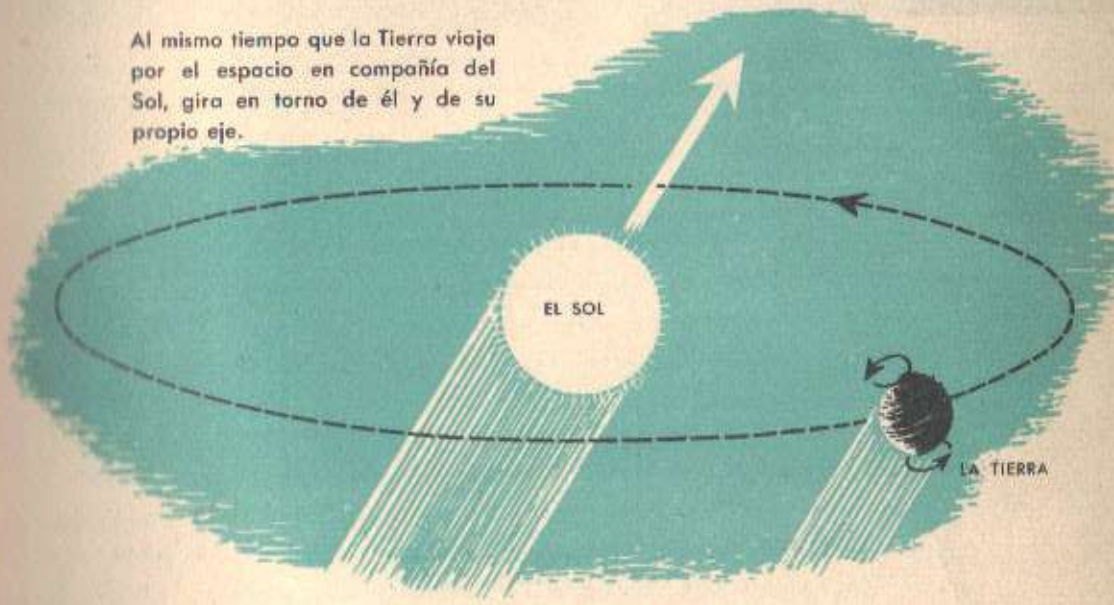
La atracción del Sol hace que los planetas giren en torno de él. También hay algo que impide que los planetas se precipiten contra el Sol. Cuando los objetos se mueven en círculo, a gran velocidad, adquieren una fuerza que tiende a separarlos de lo que está en el centro de ese círculo. Podemos demostrarlo haciendo girar rápidamente una pelota atada al extremo de un cordel, por encima de la cabeza. Mientras más aprisa la hagamos girar, más tirará la pelota hacia afuera. De la misma manera, la velocidad de los planetas crea suficiente fuerza para que traten de librarse de la atracción del Sol. Esas dos fuerzas se equilibran, por lo que cada planeta se mantiene en una órbita fija en torno del Sol.

Los astrónomos nos dicen que el Sol viaja por el espacio a una velocidad de más de 1,150 kilómetros por minuto.



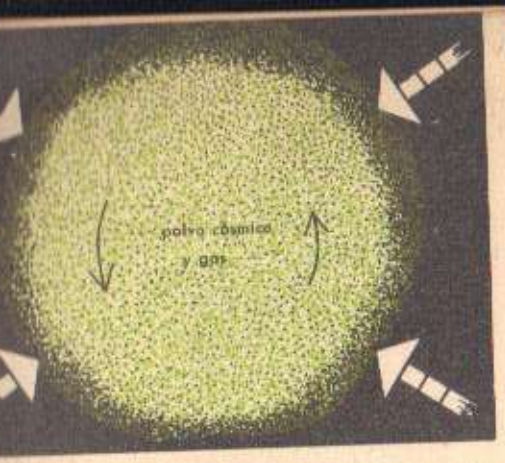
La Tierra, que gira en torno del Sol, trata de apartarse de él. Este empuje hacia afuera está contrarrestado por la atracción de la gravedad solar, lo que hace que la Tierra conserve su órbita.

Arrastra con él a la Tierra y a los demás planetas. Al mismo tiempo que la Tierra viaja por el espacio en compañía del Sol, gira en torno de él a una velocidad de más de 1,600 kilómetros por minuto. No obstante esa velocidad tan grande, la Tierra necesita un poco más de 365 días para darle una vuelta completa al Sol.



Al mismo tiempo que la Tierra viaja por el espacio en compañía del Sol, gira en torno de él y de su propio eje.

Al mismo tiempo que la Tierra viaja por el espacio en compañía del Sol y gira en torno de él, da vueltas sobre su propio eje. Tarda 24 horas en dar cada vuelta. La Tierra tiene una circunferencia de 40,000 kilómetros en el ecuador, por lo que podemos ver que gira en esa latitud a más de 1,600 kilómetros por hora.



1.- Algunos hombres de ciencia creen que los planetas se formaron en la siguiente forma: Posiblemente una gran nube de gas y polvo cósmico giraba en el espacio.

2.- Gradualmente la nube comenzó a separarse, formando remolinos grandes y pequeños.

Los sabios saben que la Tierra viaja por el espacio y que es un planeta del Sol. Saben también muchas otras cosas acerca de ella, pero no están de acuerdo respecto a cómo se formó la Tierra.

Han presentado varias explicaciones, pero no existe una forma segura de determinar cuál de esas explicaciones es la acertada.

Algunos creen que los planetas fueron en un tiempo parte del Sol. Posiblemente otra estrella pasó cerca del Sol y le arrebató parte de su materia. Esa materia arrebatada al Sol quizá se haya convertido posteriormente en lo que ahora son los planetas.

Otros creen que nuestro Sol quizá haya sido una de dos estrellas gemelas. Suponen que estallaron y que su materia, siempre girando, se enfrió y se convirtió en lo que ahora son los planetas.

Los astrónomos concuerdan en que todas las estrellas son soles. Casi todos los astrónomos convienen en que los soles se formaron de nubes de gas y de las partículas de materia que flotan en el espacio. A esas partículas se les llama "polvo cósmico".

Algunos astrónomos afirman que, puesto que las estrellas es-

3.- Uno de los remolinos se transformó, por último, en el Sol.

4.- Poco a poco, las partículas sólidas de los remolinos más pequeños se comprimieron, formando así los planetas.

tán hechas de gas y de polvo cósmico, los planetas quizá estén hechos de lo mismo. Creen que ocurrió lo siguiente: hace miles de millones de años una inmensa nube de gas y polvo cósmico giraba por el espacio. Gradualmente, algunas partes de esa nube empezaron a separarse de su centro, formando grandes y pequeños remolinos. Uno de esos remolinos giraba sobre su eje con tanta rapidez que, con el tiempo, se calentó al rojo blanco. Esa enorme bola candente es nuestro Sol. Su gravedad lo convirtió en el centro de remolinos más pequeños. Algunos de esos remolinos pequeños se unieron entre sí y fueron recogiendo más y más materia del espacio que les rodeaba. En cada uno de ellos, las partículas sólidas se comprimieron hasta que, con el tiempo los remolinos se transformaron en planetas, con sus respectivas lunas.

Algunos astrónomos suponen que, en sus comienzos, la Tierra era fría. Sea como fuere, al avanzar, girando por el espacio, y al comprimirse la materia de que está hecha, se calentó mucho. Sus partículas formaron lentamente roca fundida, muy distinta de la roca que conocemos.

Al irse enfriando la Tierra, su costra se arrugó, por lo que sobresalieron grandes masas de roca.

Transcurrieron millones de años, durante los cuales la Tierra viajó por la helada inmensidad del espacio. Su materia empezó a enfriarse y endurecerse, separándose en porciones más pesadas y más ligeras. La materia más pesada se hundió mucho. Grandes masas de granito flotaron hasta llegar a la superficie. Al enfriarse la roca de la superficie de la Tierra, empezó a formar una costra delgada. En muchísimas ocasiones la costra se resquebrajó. Debajo de la costra, la roca candente empujaba y se desplazaba. Siempre que había un espacio libre o un lugar débil, la roca candente subía en borbotones.

En algunos lugares, la corteza era tan fuerte que la roca que hacía presión desde abajo no podía romperla. Pero sí podía abultarla. Fue así como empujó hacia arriba grandes masas de roca exterior. Entre las alturas se formaron precipicios.

Los meteoritos que caían del espacio exterior aumentaron el volumen de la Tierra.

Transcurrieron muchos millones de años más. La corteza siguió agrietándose y cambiando, hasta que a la postre, se volvió sólida. Entretanto, los gases salían de las hendeduras y agujeros. Muchos hombres de ciencia creen que en un principio la Tierra era tan pequeña que su gravedad no podía retener a los gases. Suponen, sin embargo, que infinidad de meteoritos del espacio exterior cayeron en la Tierra y aumentaron su volumen. Por último, la Tierra adquirió un tamaño suficiente para retener en torno suyo una capa de gas — la atmósfera. En esa capa había nitrógeno, oxígeno y los demás gases que forman nuestra atmósfera.

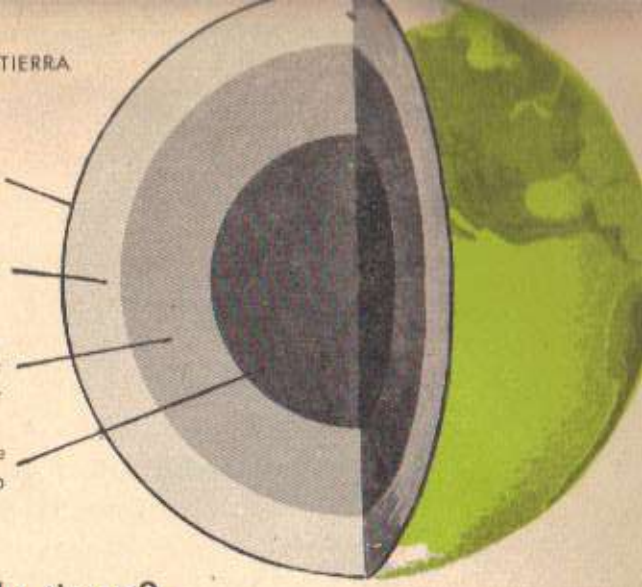
Al principio, los gases que escapaban de la roca eran muy calientes. Cuando los gases están muy calientes, sus pequeñísimas partículas, llamadas moléculas, tienen gran energía y son muy activas. Se mueven más aprisa y se separan más entre sí, por lo que

los gases se aligeran y se elevan. Esto ocurrió al gas que escapó de la Tierra en tiempos remotísimos. Pero al elevarse muy por encima de la corteza caliente de la Tierra, se enfrió. Contenía vapor de agua — agua en forma de gas. Al enfriarse y perder energía el vapor de agua, sus moléculas se condensaron, es decir, se unieron y formaron pequeñas gotas de agua. El aire se llenó de humedad, que cubrió la Tierra con un manto de nubes espeso y oscuro. La única luz que llegaba a la Tierra era el resplandor de los rayos y las llamas que saltaban por encima de los inmensos resquicios de la costra.

Por último, la Tierra se enfrió lo suficiente para permitir que la lluvia quedara en la superficie. Esa lluvia tal vez duró muchos años. La Tierra casi quedó inundada. La lluvia que caía en lugares altos se precipitaba en torrentes hacia las cavidades. De esa manera empezaron a formarse los océanos. Así, la Tierra empezó a tener aire, agua y roca desnuda y sólida.

Finalmente, la Tierra se enfrió lo suficiente para permitir que cayeran sobre ella torrentes de lluvia y se formaron los océanos.

CORTE TRANSVERSAL DE LA TIERRA



¿de qué está hecha la tierra?

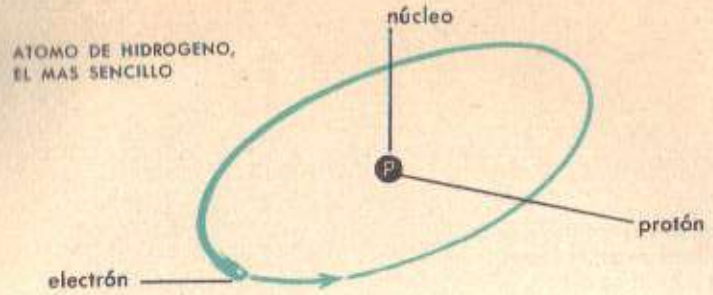
Los geólogos creen que la esfera rocallosa de la Tierra está formada principalmente por lo siguiente:

1. La corteza, cuyo espesor quizá sea de 32 a 64 kilómetros. No toda la roca de la corteza es de la misma clase o del mismo peso. La más pesada se hundió, formando el lecho de los océanos. Los bloques más ligeros, de granito, se elevaron, con lo que dieron la primera forma a nuestro continente. Debajo del granito, y mezclada con él, se encuentra una capa de roca negra y pesada llamada basalto.

2. La coraza interior, o manto, tiene un espesor de unos 1,200 kilómetros. Está formada por una mezcla de rocas muy pesadas.

3. La zona intermedia, de unos 1,600 kilómetros de espesor, está formada por roca y hierro.

4. El núcleo, o centro de la Tierra, es una esfera, probablemente de unos 6,400 kilómetros de diámetro. No se sabe mucho acerca del núcleo. Se cree que es una mezcla de hierro y níquel.



ATOMO DE HIDROGENO, EL MAS SENCILLO

Muchos especialistas en diversas ramas de la ciencia tratan de investigar más acerca de lo que hay dentro de la Tierra. Los astrónomos se esfuerzan por descubrirlo, estudiando a los otros planetas y a los meteoritos. Los geólogos estudian la Tierra misma y sus rocas. Los químicos y los físicos estudian la materia de la Tierra, para determinar su composición y cómo se une. Los químicos y los físicos ya nos dieron la respuesta a esta incógnita: ¿Por qué hay tantas clases de rocas distintas en la Tierra?

Toda la materia que hay en el mundo puede dividirse en tres categorías: sólidos, líquidos y gases. La piedra tiene longitud, anchura y espesor. Es sólida. El agua fluye. Es líquida. El aire no tiene forma determinada y puede extenderse, es decir, ocupar más espacio, sin ningún límite. Es un gas.

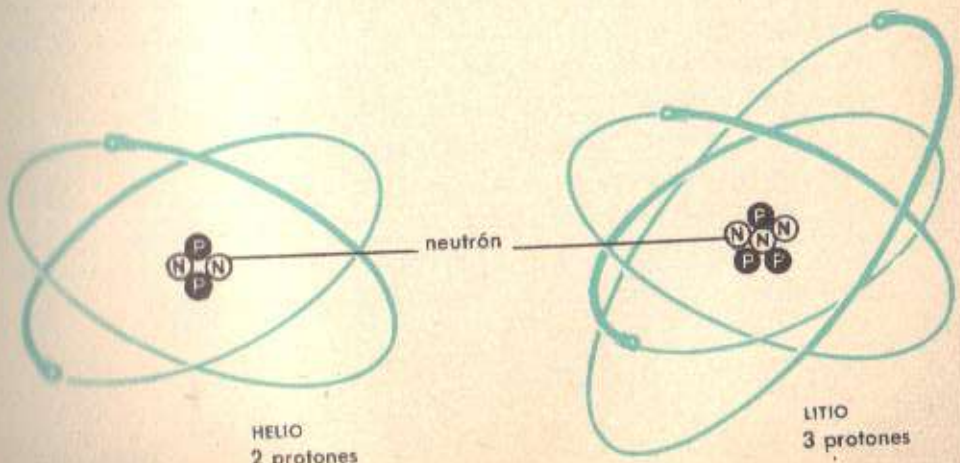
Los sólidos, los líquidos y los gases están formados por pequeñas partículas llamadas moléculas. Durante mucho tiempo los hombres de ciencia creyeron que las moléculas eran las partículas más pequeñas que existían. Sin embargo, después de muchos experimentos descubrieron que las moléculas estaban formadas por otras partículas aún más pequeñas, llamadas átomos. Ahora se ha descubierto algo más pequeño aún que el átomo.

El átomo está hecho de electricidad. La forma más sencilla de comprender la constitución del átomo quizá sea comparándolo con

el Sol y sus planetas. El átomo más simple es el del gas llamado hidrógeno. En su centro, o núcleo se encuentra una partícula llamada protón. El protón es una carga de electricidad positiva. Fuera del núcleo y girando en torno de él, se encuentra otra partícula, llamada electrón. El electrón es una carga de electricidad negativa.

La carga positiva del protón y la carga negativa del electrón se atraen entre sí, y es esa atracción lo que sostiene unido al átomo. Otros átomos más complicados que el del hidrógeno tienen partículas llamadas neutrones, semejantes a los protones, pero sin carga eléctrica.

Los protones, neutrones y electrones son los principales componentes de los átomos. Cada protón, que es positivo, puede atraer y retener a un electrón, que es negativo. A causa de ello, el número de protones que tiene un átomo determina el número de electrones del mismo, así como la clase de átomo que es. Un núcleo con un protón atrae a un electrón, y así se forma el átomo del hidrógeno. Un núcleo con dos protones atrae a dos electrones, formando algo distinto: el átomo del gas helio. El átomo con tres protones tiene, por lo general, tres electrones. Ese átomo es el del



HELIO
2 protones

LITIO
3 protones

litio, metal suave y blancuzco. Por supuesto, cada clase distinta de átomo forma una clase distinta de molécula. A su vez, cada clase distinta de molécula forma un material diferente.

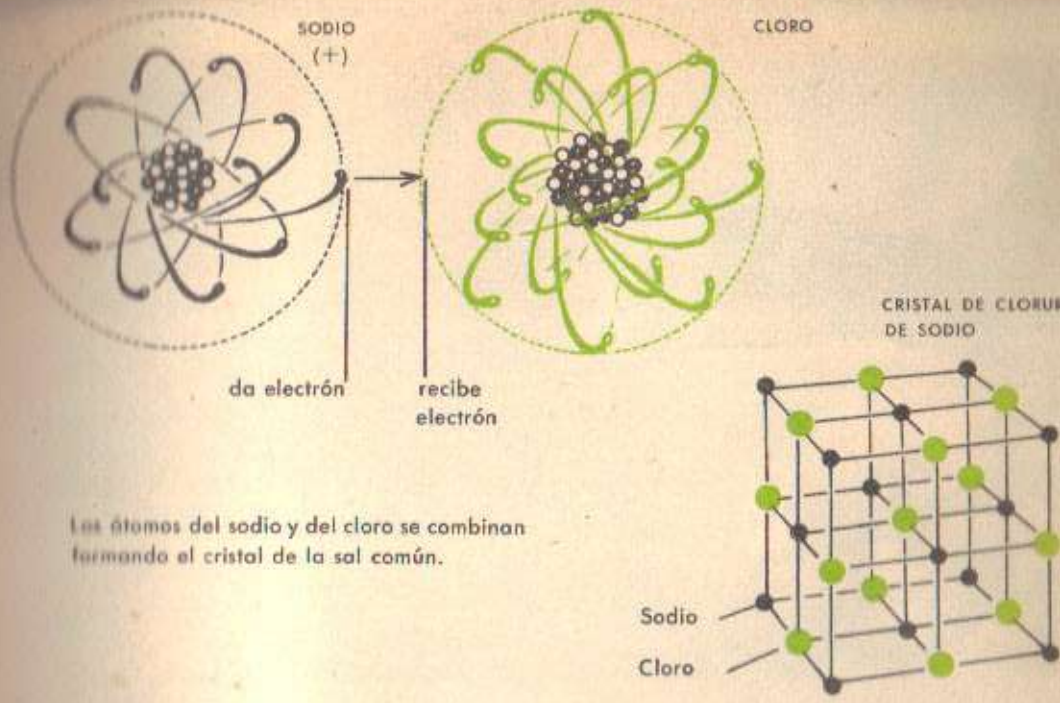
Todo lo que nos rodea está formado por diversas combinaciones de las materias más sencillas de la Tierra, llamadas elementos. El elemento es tan sencillo que no puede ser separado para formar otra materia aún más sencilla. Hay más de 90 elementos naturales y a cada uno de ellos se les da un número atómico, que corresponde al número de protones que tiene en su núcleo.

Algunos elementos tienen átomos que pierden fácilmente parte de sus electrones. Cuando eso ocurre ya no se equilibran los protones positivos y los electrones negativos del átomo. Este tiene entonces más protones que electrones y adquiere una carga positiva.

Otras clases de átomos atraen electrones fácilmente. Tienen más electrones negativos que protones positivos, por lo que adquieren una carga negativa.

Los átomos negativos y los positivos se atraen entre sí. Se juntan, formando una nueva clase de moléculas: una combinación, o compuesto, de los elementos originales. Cuando eso ocurre las moléculas forman una substancia nueva. El sodio, que es un elemento suave y blancuzco, se separa fácilmente de uno de sus electrones. El cloro, gas venenoso de color verde, no permite la separación de sus electrones, pero toma rápidamente un electrón del sodio. Cuando esos elementos se combinan, se transforman en un compuesto que usamos a diario: la sal.

En esa forma, ganando y perdiendo electrones, y a veces también compartiéndolos, los elementos se unen en diversas combinaciones o compuestos, que forman otras substancias.



Los átomos del sodio y del cloro se combinan formando el cristal de la sal común.

La corteza de la Tierra está formada casi exclusivamente por ocho elementos, en distintas combinaciones. Mientras la corteza estaba aún caliente, los átomos de esos ocho elementos se movían con facilidad y se unían entre sí, formando substancias nuevas. Dependía de muchos factores la forma cómo se unían y las substancias que formaron. Si la materia por la que se movían estaba completamente fundida, podían viajar más que si la materia estuviese fría y tan espesa como la brea. También cambiaba la situación si había mucha agua o muchos gases.

Las substancias naturales que los elementos formaron en la corteza terrestre se llaman minerales. Las piedras son minerales sencillos o bien mezclas de minerales.

Las olas chocan contra la orilla y desgastan las rocas.

familia de rocas

Los geólogos clasifican a las rocas en tres grandes familias.

La primera gran familia es la de las rocas ígneas, o de fuego. La roca ígnea se forma de material de roca fundida, que al enfriarse se solidifica.

Hay muchas clases de roca ígnea, a causa de las diversas combinaciones de elementos y de las condiciones en que se unieron dichos elementos. Si la materia candente se enfrió aprisa, formó una clase de roca. Si se enfrió despacio, formó otra clase. Si se enfrió en las profundidades de la Tierra y con suma lentitud, formó otra clase de roca.

Probablemente las rocas ígneas más importantes son el granito y el basalto, que forman una gran parte de la corteza terrestre. Casi todos hemos visto el granito y notado las manchas de los minerales que se unieron para formarlo.

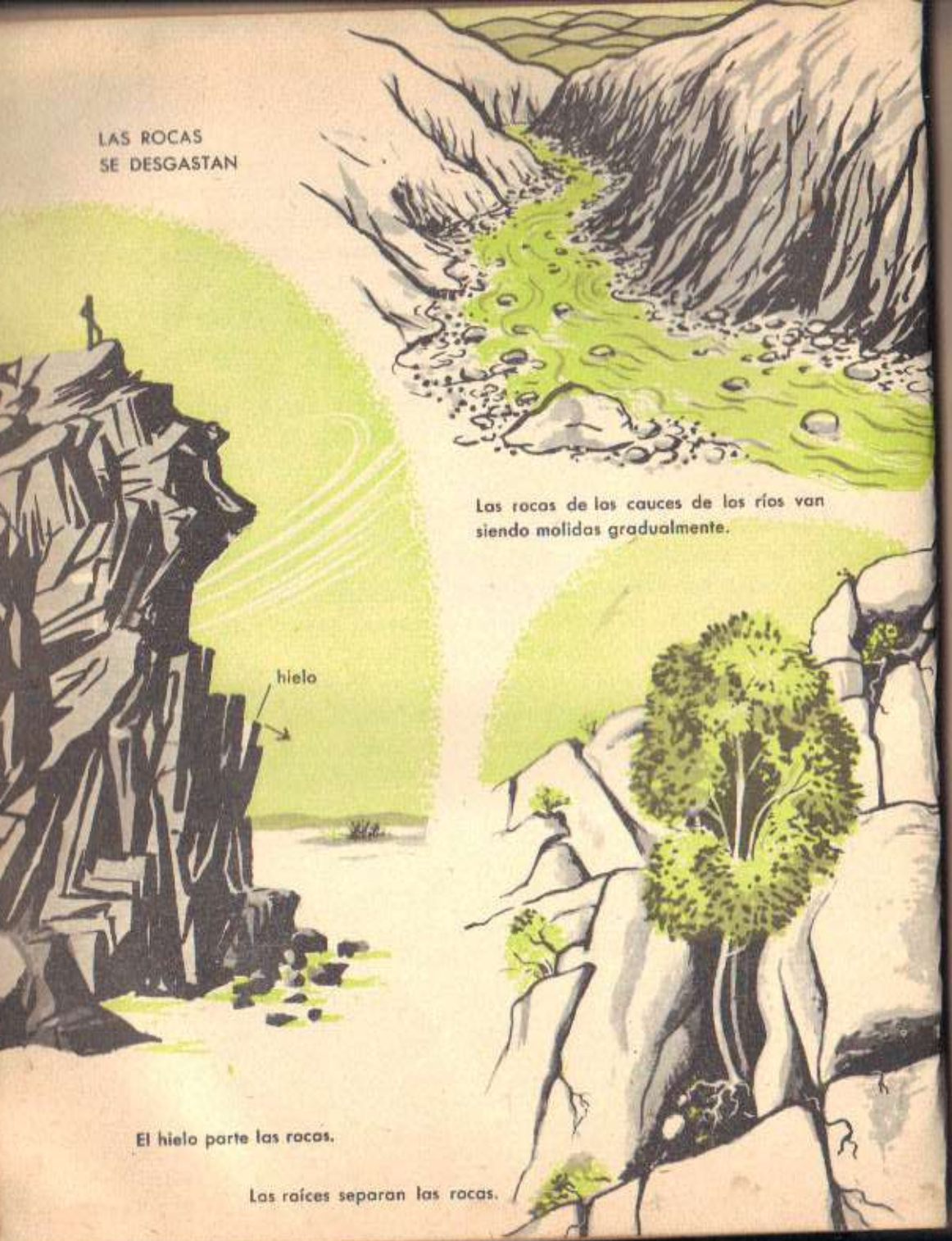
Casi la mitad de la materia que forma la roca ígnea es el mineral llamado feldespato. El feldespato es lo que da a la roca gran parte de sus colores blanco, rosado, rojo y gris.

Casi la cuarta parte del resto de la materia de la roca ígnea está formada por el mineral llamado cuarzo. El cuarzo se presenta en muchos colores, todos los cuales tienen un aspecto algo vidrioso.

Las rocas ígneas fueron las primeras de la Tierra. Tan pronto como hubo atmósfera, ésta empezó a roer la corteza de la Tierra. Ciertos gases que están mezclados con el aire atacan algunos de los minerales que hay en las rocas. Así se formaron nuevas substancias, que contribuyeron al desgaste de las rocas.

Cuando por fin llovió a torrentes sobre la Tierra, el agua se unió a los minerales, formando ácidos que carcomieron aún más las rocas. Partes de éstas se desprendieron. Muchas toneladas de material desprendido cayó al mar. Las olas recogieron los pedazos de roca y los lanzaron contra los acantilados, hasta convertirlos en minúsculos granos de arena, lodo y arcilla.

Podemos ver con nuestros propios ojos cómo las rocas se siguen desgastando, día tras día. En la orilla del mar, al pie de los acantilados, se amontonan pedazos de roca partida. Cuando hay temporal, las olas arrojan pedazos de roca contra la costa, produciendo gigantescos agujeros y cavernas. La arena y los guijarros que vemos en la playa fueron, hace tiempo, parte de las rocas.

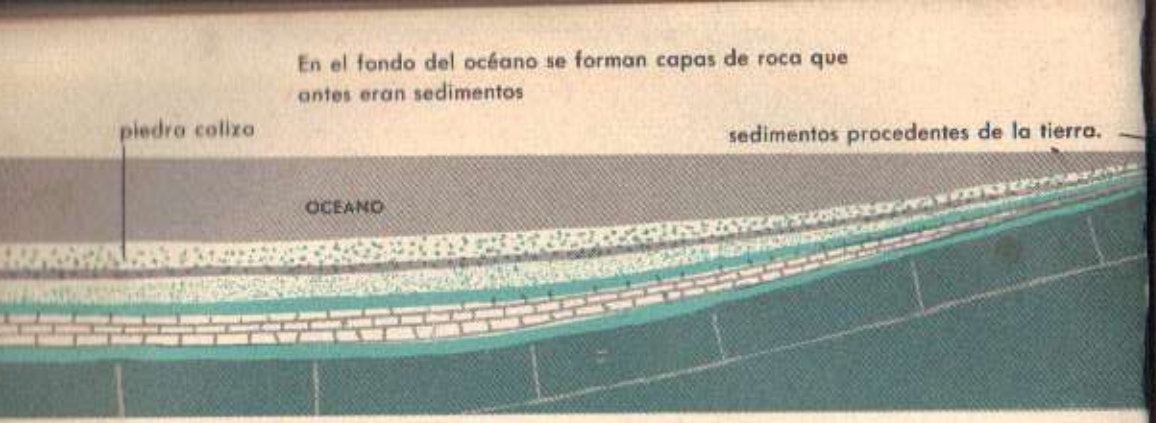


Las rocas de las montañas también cambian constantemente. El Sol las calienta durante el día y hace que se dilaten, o que se ensanchen. En la noche, al enfriarse el aire, se contraen. Al repetirse lo mismo infinidad de veces, las rocas se agrietan. El agua de lluvia se mete en las hendeduras y se congela. El hielo empuja con fuerza. Finalmente, las rocas se desintegran y sus pedazos ruedan por la montaña, y al rodar, rompen más rocas. Los montones de pedazos de roca se extienden en abanico, desde la base de las montañas. Si los buscamos, probablemente encontremos pequeños desprendimientos de roca como los descritos en algún lugar cercano al que habitamos.

Las plantas también desgastan la roca. Las raíces se meten entre las hendeduras y al crecer, parten las rocas. Las hojas podridas se mezclan con el agua y forman ácidos que desgastan la roca. Esta se va desintegrando día a día. Los pedacitos de corteza, de hojas y de otra materia orgánica, se mezclan con los trocitos de roca y forman la tierra que cubre una buena parte de la corteza del mundo.

Hace muchísimo tiempo, cuando la lluvia caía a torrentes sobre las montañas, el agua recogió pedacitos de roca partida y se los llevó en su corriente. El agua corría por canales naturales de la corteza terrestre y así fue formando arroyos y ríos. A todo lo largo del lecho de los ríos, los pedazos de roca, cuarzo y feldespato chocaban entre sí y raspaban el fondo hasta quedar convertidos en minúsculos granos de arena. Por último, miles y miles de toneladas de arena, guijarros, cieno y arcilla llegaban a los lagos o a los mares y se hundían formando un sedimento.

Una capa tras otra de sedimento se asentaba en el lecho de los

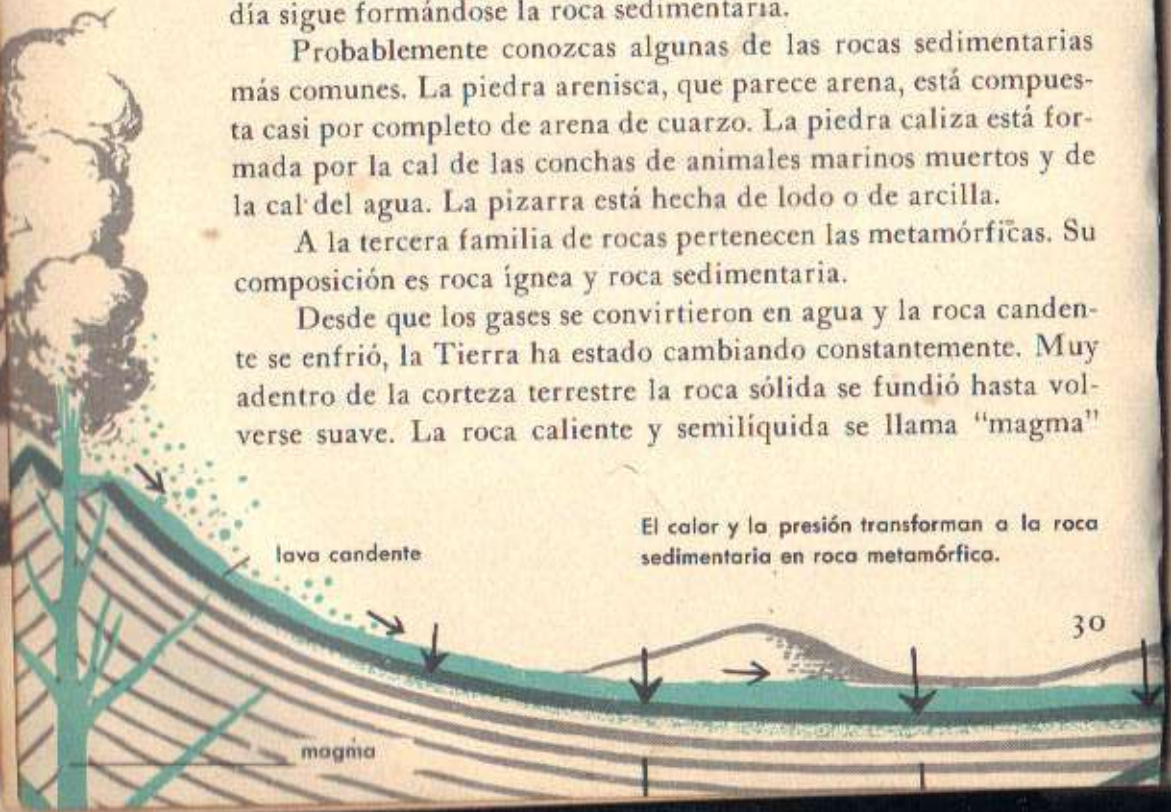


lagos tranquilos y de los mares. El gran peso de las capas superiores, unido al del agua, hacía presión sobre las capas inferiores, hasta endurecerlas. Los minerales del agua contribuían a unir a esas minúsculas partículas. De esa manera, el sedimento se convirtió en roca. Esa es la llamada roca "sedimentaria", formada en capas, que constituye la segunda gran familia de rocas. Aún hoy en día sigue formándose la roca sedimentaria.

Probablemente conozcas algunas de las rocas sedimentarias más comunes. La piedra arenisca, que parece arena, está compuesta casi por completo de arena de cuarzo. La piedra caliza está formada por la cal de las conchas de animales marinos muertos y de la cal del agua. La pizarra está hecha de lodo o de arcilla.

A la tercera familia de rocas pertenecen las metamórficas. Su composición es roca ígnea y roca sedimentaria.

Desde que los gases se convirtieron en agua y la roca candente se enfrió, la Tierra ha estado cambiando constantemente. Muy adentro de la corteza terrestre la roca sólida se fundió hasta volverse suave. La roca caliente y semilíquida se llama "magma"



El calor y la presión transforman a la roca sedimentaria en roca metamórfica.

cuando se encuentra dentro de la Tierra. Cuando sale por las grietas hasta la superficie se le llama "lava".

Nadie sabe a ciencia cierta por qué la roca interna se empezó a fundir. Posiblemente la enorme presión de las rocas superiores y la gravedad terrestre que empujaba desde abajo, contribuyeron mucho a que se fundiera. Además, cuando ciertos gases se transforman en otras substancias, producen calor.

Al calentarse la roca hasta el punto de suavizarse, derritió la roca que la rodeaba. Como la roca caliente y pastosa ocupa más espacio y es más ligera que la roca dura, fue colándose hacia arriba. Lentamente fue cambiando los minerales de las rocas contra las que hacía presión y calentaba. Esas rocas se transformaron en metamórficas.

Las rocas ígneas, como el granito, se transformaron en gneis. La piedra caliza se convirtió en mármol. La arcilla, en pizarra o en esquisto.

También el calor y la presión continua desde arriba, pueden transformar la roca. Una capa de arcilla, comprimida y mezclada con ácido y gases puede transformarse en pizarra.

El magma candente, al penetrar en la roca sedimentaria, la transforma en roca metamórfica.

los tesoros de la tierra

Todos estos desgarramientos, presiones y fundiciones de las rocas nos han dado la gran riqueza de la Tierra.

En algunos lugares, los bosques quedaron cubiertos por el agua y después por capas de arcilla y fango. Los árboles muertos poco a poco se transformaron en carbón.

En otros lugares, los animales y las plantas se fueron pudriendo en agua poco profunda, cubierta por sedimentos que se transformaron en roca. El aceite y el agua expulsados de plantas y animales muertos se convirtieron en petróleo y gas natural.

Los minerales y el hierro se asentaron en capas, sobre el fondo de antiquísimos mares y quedaron cubiertos por roca sedimentaria. Hoy en día son nuestras minas de hierro más ricas.

En tanto que la roca ígnea se fundía y transformaba, grandes cantidades de valiosos metales se unían a otros elementos, formando piedra mineral. Extrayendo y fundiendo esos minerales, podemos separar los metales finos de la roca.

En algunos lugares el oro se encuentra en la roca ígnea. También se le encuentra en algunas rocas sedimentarias.

El cinc, el cobre, el estaño, el mercurio, el aluminio y el uranio son metales que forman valiosos depósitos mineros.

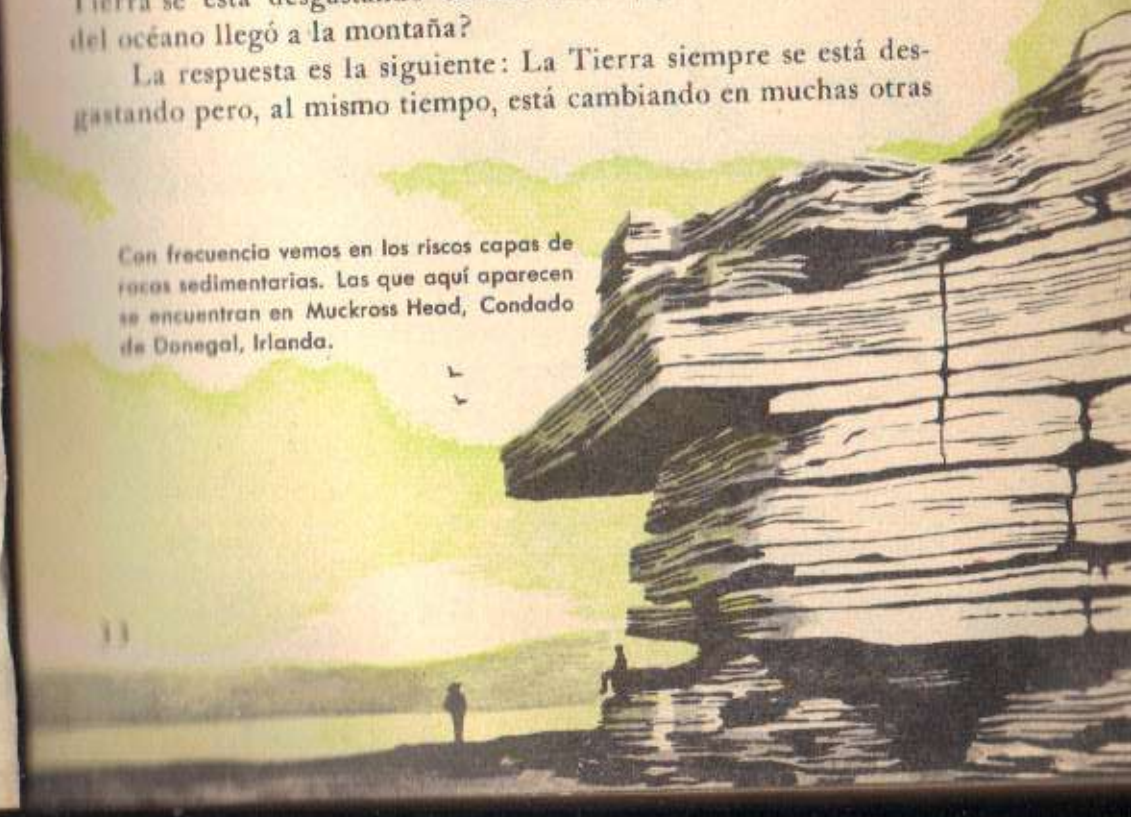
la corteza flexible

¿Cómo es posible saber algo acerca de la roca sedimentaria si se forma debajo del agua? ¿Y cómo podemos saber algo acerca de la roca metamórfica si se forma en las entrañas de la Tierra?

Las conocemos porque las hemos visto. En las paredes de los riscos aparecen a veces rocas sedimentarias, una capa encima de otra. Aun en lo alto de las montañas hay roca sedimentaria, con conchas de animales marinos incrustadas en ella. Esa roca se formó en el fondo del océano. En las canteras encontramos pizarra y mármol. Ambas son rocas metamórficas.

¡Pero nos encontramos ante un misterio todavía mayor! Si la Tierra se está desgastando continuamente, ¿cómo es que la roca del océano llegó a la montaña?

La respuesta es la siguiente: La Tierra siempre se está desgastando pero, al mismo tiempo, está cambiando en muchas otras



Con frecuencia vemos en los riscos capas de rocas sedimentarias. Las que aquí aparecen se encuentran en Muckross Head, Condado de Donegal, Irlanda.

formas. La corteza de la Tierra tiene cierta flexibilidad. Durante miles de años la roca sedimentaria del fondo del mar se ha levantado poco a poco en algunos lugares. Termina en altas plataformas o mesetas. Con frecuencia vemos que sus capas siguen siendo horizontales y en el mismo orden en que se hallaban cuando salieron del océano.

Con una toalla doblada, que se empuja desde ambos extremos hacia su centro, puede verse cómo se pliegan las capas de roca.

En ciertas condiciones, las capas de roca pueden doblarse. Ocurre esto cuando hay un empuje fuerte dentro de la Tierra — procedentes de los gases y de las enormes masas de magma que ejercen mucha presión, asi como de las capas del sedimento que se vuelven más y más pesadas. Algunas cadenas de montañas tan elevadas como los Andes se han formado por ese empuje tan fuerte.

Tomemos una toalla de baño. Doblémosla varias veces a lo largo y coloquémosla, así doblada, sobre una mesa. Pongamos una mano sobre cada uno de los extremos de la toalla y empujemos

Las capas de roca sedimentaria que se encuentran en el fondo del mar, empiezan a doblarse cuando hay presión lateral.

lentamente hacia el centro, hasta formar varias protuberancias, que representan colinas o montañas. Las capas de la toalla representan las de la roca sedimentaria, como la piedra caliza o la arcilla, que se hallaban una sobre la otra, en el fondo del océano.

Ocurre lo siguiente: al irse desgastando la Tierra se forma en el mar poco profundo una capa tras otra de sedimento. Ese sedimento se vuelve más profundo y más pesado. El fondo del mar continúa hundiéndose bajo su peso hasta que, a la postre, las capas tienen varios kilómetros de espesor. Entonces, en forma gradual, comienza la presión desde los lados. La presión convierte las capas planas de roca sedimentaria que hay en el fondo del mar en ondulaciones, como ocurre en el caso de la toalla. El fondo del mar se levanta transformándose en colinas o montañas.

La roca se pliega de diversas maneras. A veces el empuje es mayor de un lado que de otro y una de las protuberancias es empu-

Cuando se levanta lentamente el fondo del mar, la roca doblada forma montañas.

Banff, Canadá, las Montañas Rocallosas dejan ver estratos inclinados.

jada sobre la parte superior de otra. Eso tiene por consecuencia que una capa se encuentra al revés de la otra. Una que otra vez la presión proviene únicamente de un lado, o de uno de los extremos de la zona. Entonces la roca es empujada hacia arriba, desde un extremo, e inclinada, formando generalmente riscos que parecen casi cortados a pico.

El que haya tratado alguna vez de hacer un arco de flecha, habrá notado lo resistente y flexible que es una vara, que se va doblando más y más, si se hace presión sobre ella. Otras maderas son quebradizas, y se rompen si se les presiona demasiado. De la misma manera, algunas rocas se doblan con mayor facilidad que otras. Para que las rocas puedan flexionarse y doblarse, la presión debe ser sumamente lenta.

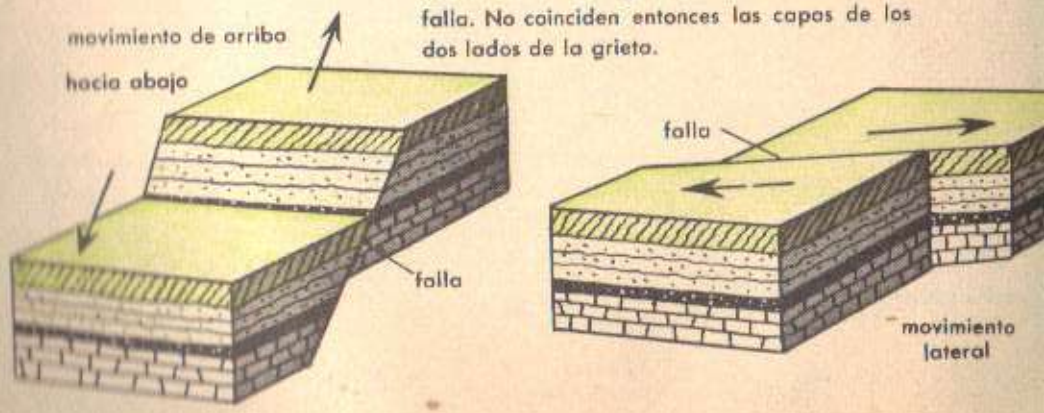
A veces, la presión es demasiado grande o demasiado rápida. La roca suele tener puntos débiles. En lugar de doblarse, salta, se raja y se rompe.

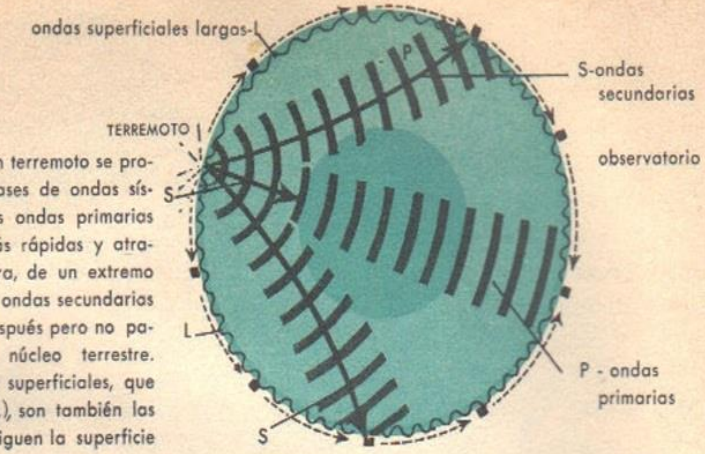
Con frecuencia, la enorme masa de roca de un lado de una grieta se desliza hacia arriba o hacia abajo, o bien hacia los lados, en dirección contraria a la roca del otro lado. A eso se le llama falla.

Cuando la roca se mueve con violencia en una falla, es como si la Tierra hubiese recibido un golpe fuerte. Tiembla, y ese movimiento estremecedor, llamado onda sísmica, se transmite por la roca, en ondas, como ocurre cuando dejamos caer un guijarro en un estanque tranquilo. Ese movimiento repentino de la roca se llama terremoto. Aunque las ondas sísmicas sean muy pequeñas, producen un temblor que agrieta muros y derrumba los edificios que se encuentran cerca del centro del temblor.

Después del temblor se producen tres clases de ondas sísmicas. Dos de ellas van por el centro de la Tierra y la tercera por la superficie. La onda superficial es la más lenta de las tres, pero al mismo tiempo la más grande y la que mayores daños causa. Un instrumento llamado sismógrafo registra esas tres ondas. El sismógrafo está provisto de un péndulo, equilibrado en forma tal que permanece inmóvil si tiembla la Tierra. Sujeta al péndulo

Cuando se desliza la roca de cualquiera de los dos lados de una grieta, el resultado es una falla. No coinciden entonces las capas de los dos lados de la grieta.

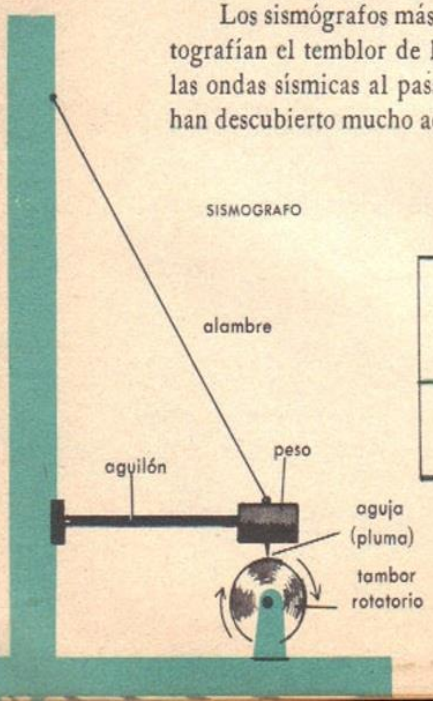


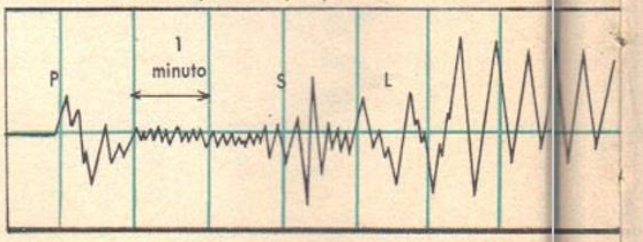


Después de un terremoto se producen tres clases de ondas sísmicas. 1. Las ondas primarias (P) son las más rápidas y atraviesan la Tierra, de un extremo a otro. 2. Las ondas secundarias (S) vienen después pero no pasan por el núcleo terrestre. 3. Las ondas superficiales, que son largas (L), son también las más lentas. Siguen la superficie del globo.

se encuentra una varilla rígida y delgada, en cuyo extremo hay una aguja o pluma. La punta de la pluma descansa sobre un pedazo de papel. Durante un temblor de Tierra,el péndulo, la varilla y la pluma permanecen inmóviles, pero el papel se mueve junto con la Tierra y la pluma registra esos movimientos.

Los sismógrafos más modernos no emplean aguja sino que fotografían el temblor de la Tierra. Al estudiar cómo se conducen las ondas sísmicas al pasar por la Tierra, los hombres de ciencia han descubierto mucho acerca del interior del globo terráqueo.

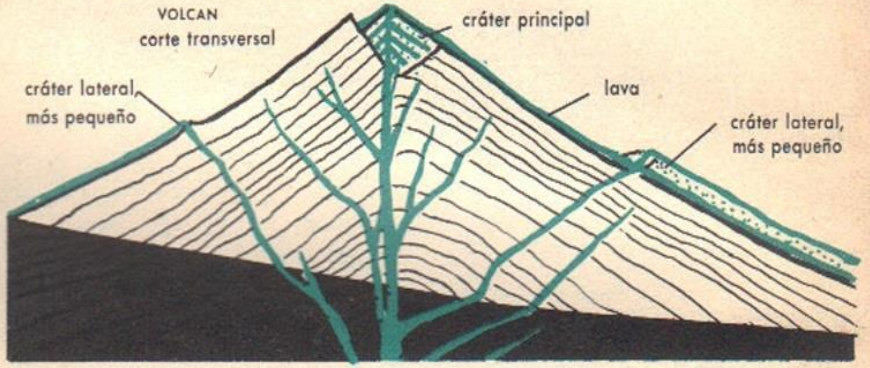




La aguja del sismógrafo registra el temblor de Tierra en un papel sujeto al tambor rotatorio.

los volcanes

Algunas montañas están formadas por candentes magmas subterráneos. Al empujar lentamente esos magmas hacia la superficie, se asemejan a gigantes que perforan la corteza de la Tierra. A veces se tapan con rocas que contienen agua y entonces se produce vapor. El vapor, junto con el gas de los magmas, ejerce una presión



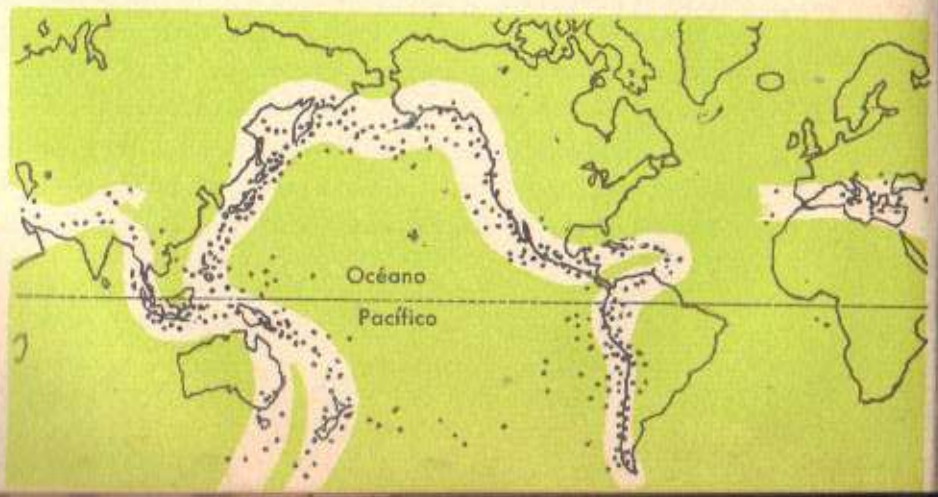
todavía más fuerte sobre la corteza. En algunas ocasiones, al acercarse a la superficie, los magmas llegan a un punto débil. Entonces el gas y el vapor salen por un hoyo que abren en la Tierra, produciendo una gran explosión. Vuelan por el aire rocas, brasas, ceniza, y lava. A ese fenómeno se le llama volcán.

Al caer las brasas, ceniza y polvo, forman un cono en torno de la abertura del volcán. Con cada erupción del volcán se agranda el cono. El Monte Pelée, en la isla de la Martinica, en las Antillas,

El volcan Paricutín, con su cono de lava y cenizas.

y el Monte Vesubio, en Italia, se formaron de esa manera. Más recientemente, en 1943, se abrió un hoyo en un maizal de México, y de él empezó a brotar lava. Quedaron destruidas dos aldeas, en tanto que la lava y las cenizas se extendían por la campiña. Ese volcán, el Paricutín, alcanzó una altura de varios centenares de metros, antes de dejar de hacer erupción, en 1952.

Hoy en día hay alrededor de 400 volcanes activos. Los volcanes parecen ocurrir únicamente en ciertas zonas. No están distribuídos por todo el mundo. Muchos de ellos forman lo que los geólogos llaman el "anillo de fuego" en torno del Océano Pacífico. Posiblemente la corteza terrestre en esa zona es débil.



canes forman
o del Océano
un "anillo
go".

roca candente subterránea

Con el tiempo, los volcanes se vuelven menos activos, hasta que, por fin, mueren y se enfrian. Pero hay una época en la que la roca subterránea sigue siendo candente. Entonces, en lugar de lava, salen por el volcán gases calientes.

EL VALLE DE LAS DIEZ MIL FUMAROLAS.

A veces, el agua de la superficie llega hasta la roca candente subterránea y se transforma en vapor. Entonces, suelen escaparse por las grietas del suelo el gas y el vapor, en chorros llamados fumarolas. Cerca del volcán Katmai, de Alaska, hay un valle nublado con tantas fumarolas que se le conoce como el Valle de las Diez Mil Fumarolas — y verdaderamente hace honor a su nombre.

Si corre el agua debajo de la superficie y cerca de la roca candente, posiblemente se caliente mucho y surja en borbotones desde el suelo, en forma de fuente termal.

Los géisers son algo entre fuentes termales y fumarolas. Despiden agua caliente y vapor. Los géisers son así: el agua de la superficie se cuela por las grietas hasta llegar a la roca candente. Al calentarse, sube por una abertura o tubo. Al calentarse más y más, se forma vapor debajo de ella, ejerciendo presión. Por último, el vapor empuja con tanta fuerza que el agua sale violentamente por la abertura y se eleva mucho, como si fuese una fuente. A eso se le llama géiser.

Al salir el agua por el tubo la presión disminuye y el chorro del géiser se vuelve más pequeño, hasta que por fin cesa. El agua vuelve al subsuelo y empieza a calentarse de nuevo. Algunos géisers arrojan el agua con tanta regularidad que la gente sabe con exactitud cuándo se puede esperar que el fenómeno ocurra. "Old Faithful", famoso géiser del Parque Nacional de Yellowstone, en

El agua subterránea, calentada por magma, suele brotar formando una fuente termal.

EL GEISER "OLD FAITHFUL", DEL PARQUE NACION
DE YELLOWSTONE

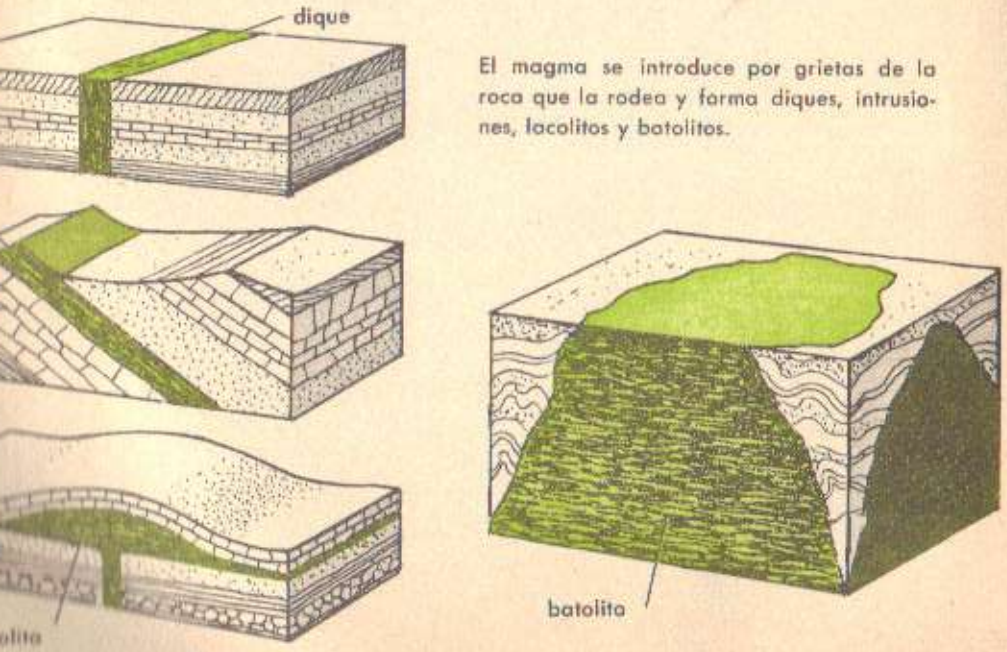
Arizona, Estados Unidos, arroja agua y vapor cada 65 minutos. Con el transcurso del tiempo, al enfriarse la roca subterránea, los géisers arrojarán agua y vapor con menos frecuencia.

Generalmente, el magma se introduce con fuerza en la roca cercana, pero se enfría antes de llegar a la superficie. La roca en que penetra quizá sea de una clase completamente distinta.

A veces, el magma sube como una enorme masa. Funde y calcina centenares y centenares de kilómetros cuadrados de roca, pero no produce mucha presión. A esas masas enormes se les llama batolitos. Se enfrían lentamente bajo la superficie y por eso dan tiempo a la formación de muchísimos minerales. En los batolitos suele encontrarse mineral de cobre y de plata.

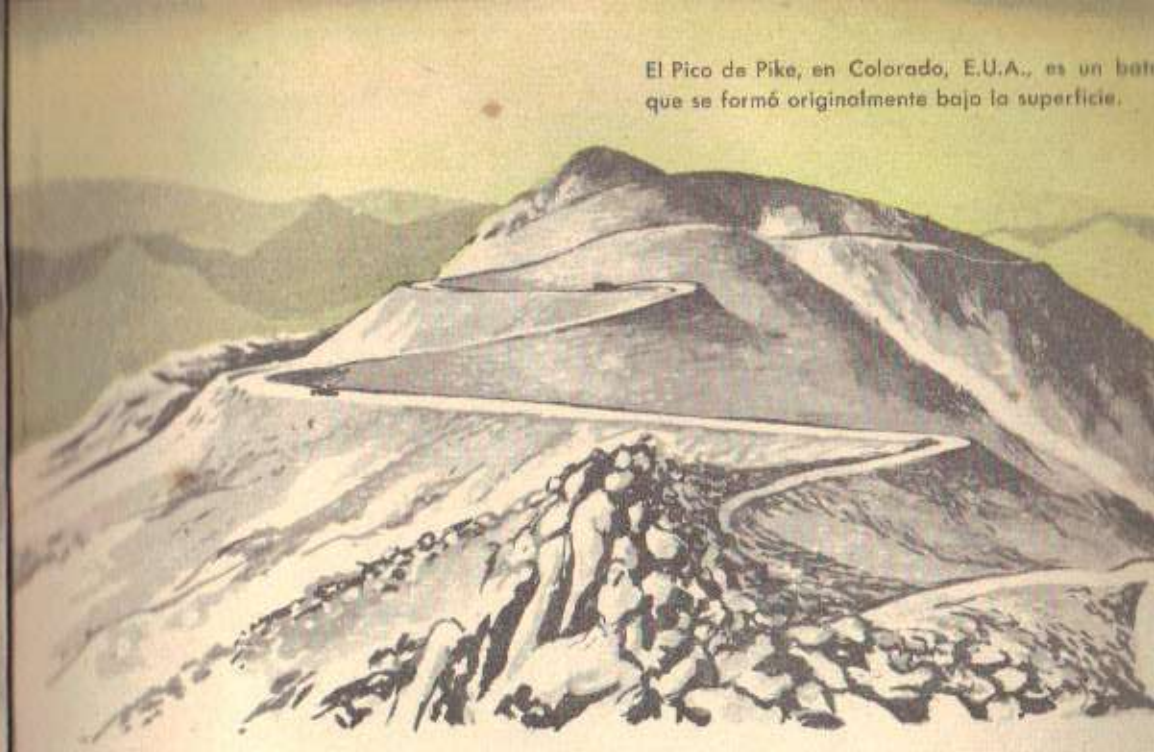
Cuando el magma se aparta de la masa principal y empuja hacia arriba, siguiendo las grietas de la roca subterránea, forma diques. Cuando se extiende hacia los lados, entre capas de roca, forma intrusiones. Los diques y las intrusiones cubren muchos kilómetros cuadrados de la Tierra.

A veces, cuando empiezan a formarse las intrusiones se junta más y más magma y se endurece. Entonces forma enormes domos, llamados lacolitos, los que obligan a las capas superiores de roca a doblarse hacia arriba, formando colinas o montañas.



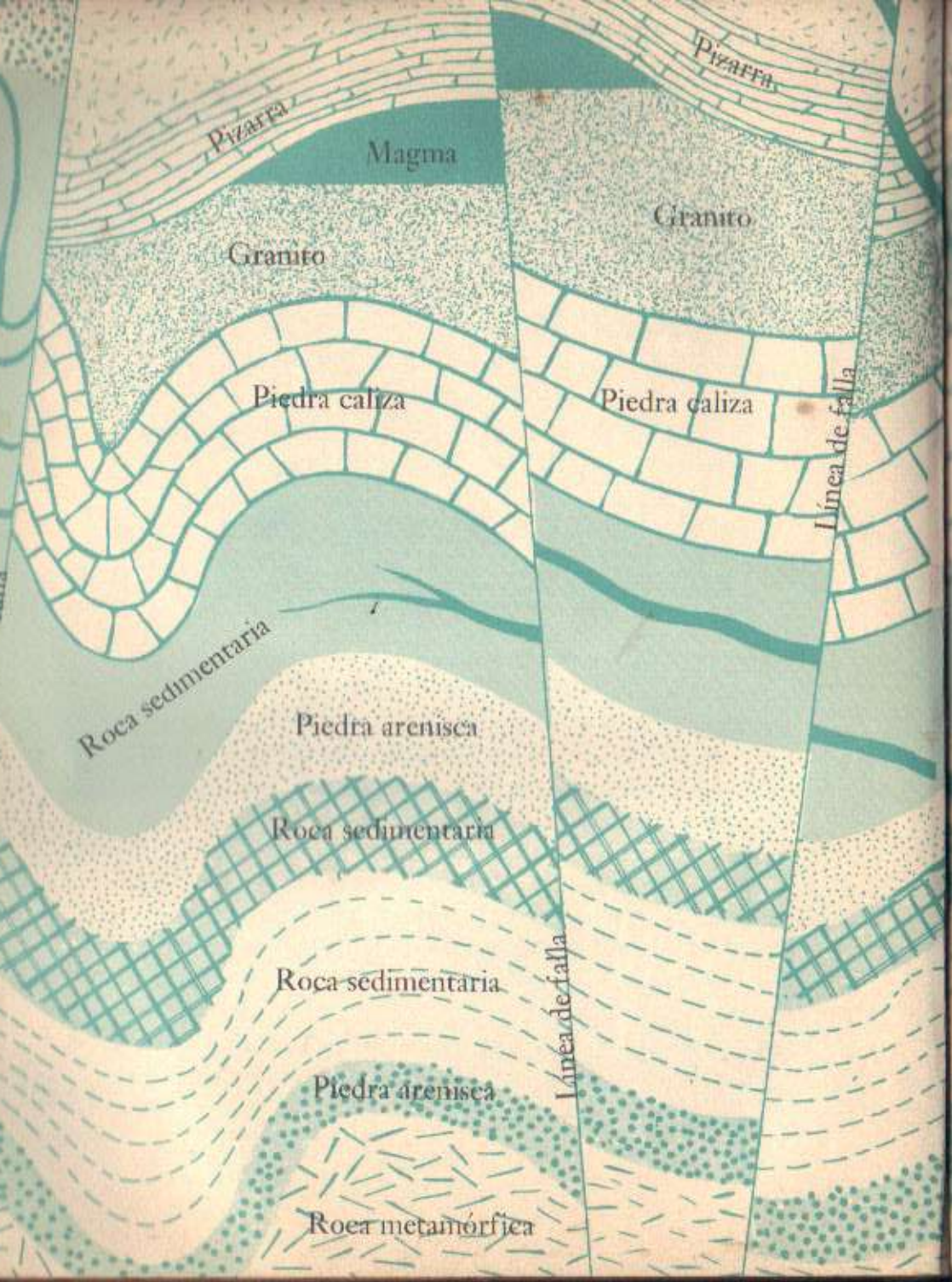
El magma se introduce por grietas de la roca que la rodea y forma diques, intrusiones, lacolitos y batolitos.

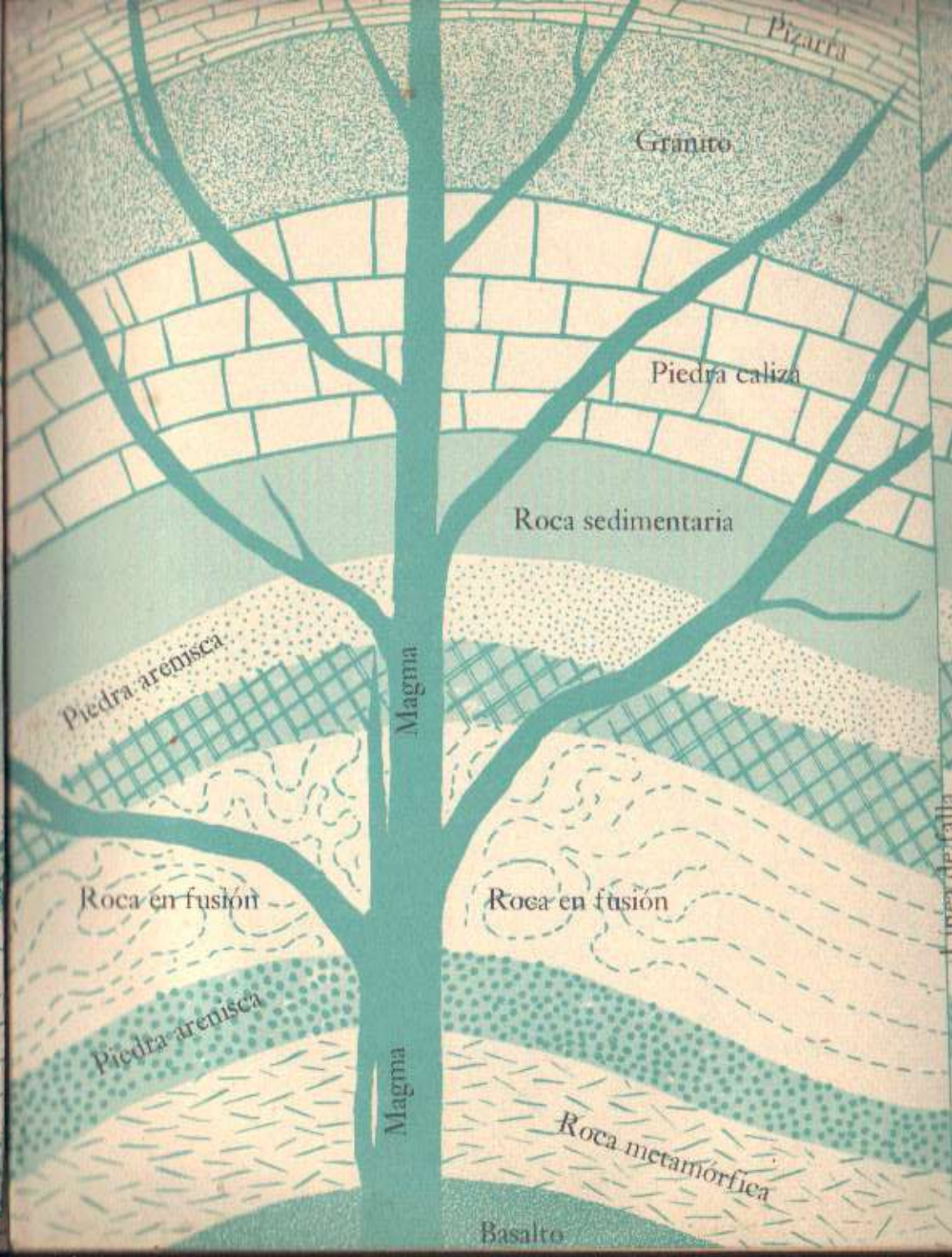
El Pico de Pike, en Colorado, E.U.A., es un bat
que se formó originalmente bajo la superficie.



Las rocas formadas en la profundidad de la Tierra quizá aparezcan aún como desnudas cúspides de montañas. Al elevarse la tierra en algunos lugares y formarse colinas, la roca suave de la superficie posiblemente se desgaste poco a poco, por efecto del viento, la lluvia y otras causas atmosféricas. Entonces, la parte superior del batolito que haya estado cubierta, puede transformarse en la cúspide de la montaña. Pero las bases de los batolitos se encuentran a una profundidad tan grande que nadie ha llegado a ellas.

Hasta en la región en que vivimos probablemente encontremos intrusiones y diques en la roca. Observemos las franjas y rayas que parecen completamente distintas de las rocas por las que pasan. Lo más probable es que en tiempos remotísimos esas franjas hayan sido magma caliente que trataba de elevarse o desplazarse.


Pizarra
Magma
Granito
Piedra caliza
Roca sedimentaria
Piedra arenisca
Roca sedimentaria
Roca sedimentaria
Piedra arenisca
Roca metamórfica
Línea de falla


Pizarra
Granito
Piedra caliza
Roca sedimentaria
Piedra arenisca
Magma
Roca en fusión
Roca en fusión
Piedra arenisca
Magma
Roca metamórfica
Basalto

destrucción de las montañas

Al mismo tiempo que surgían protuberancias en la Tierra, ésta se iba desgastando, por lo que las rocas de las capas interiores quedaban al desnudo, permitiéndonos así conocer su historia. Las fuerzas de desgaste de la Tierra luchan contra las fuerzas que producen montañas y roca. A diario podemos ver cómo se desarrolla esta lucha. Los montones de piedra despedazada que vemos en la falda de una montaña, el fango de un arroyo por el que ha pasado gran cantidad de agua, el pequeño remolino de polvo que recorre nuestra propia calle en un día de mucho viento, sirven para recordarnos que la Tierra se está gastando paulatinamente. Construcción y desgaste, más construcción y más desgaste. Esa es la historia de la Tierra.

Desde que se formaron las rocas, sus dos mayores enemigos han sido el aire y el agua, que, juntos, pueden penetrar hasta la grieta más pequeña de la corteza de la Tierra.

En muchos lugares, el aire o el viento han construido y destruido la Tierra, sin ayuda del agua. En zonas secas y pedregosas, por las que soplan fuertes vientos, se levantan granos de arena y pequeños guijarros que, arrojados contra la roca, la esculpen produciendo fantásticas figuras.

En algunas regiones de la Tierra hay desiertos en los que casi nunca llueve. Algunos de esos desiertos son arenosos. Muy pocas plantas contribuyen en ellos a fijar el suelo y el viento sopla sobre la arena, formando con ella ondulaciones y montículos llamados dunas. Cerca de las orillas de los lagos y los océanos se acumulan también muchas toneladas de arena, que forman dunas. Un mato-

Las Tierras Malas de Dakota del Sur han sido comidas por el viento y el agua.

Los soplos de arena esculpieron
puente natural en el Valle de
Monumentos, de Arizona y Utah
Estados Unidos.

El agua de aluvión y la arena esculpieron estos fantásticos pilares en el Valle de los Monumentos, de Arizona y Utah, en los Estados Unidos.

Las dunas suelen enterrar árboles y casas.

rral, o aun una piedra, bastan para detener al viento, lo suficiente para que deposite parte de su carga de tierra.

Cuando se forma un montículo sigue recibiendo más y más arena, hasta convertirse en gigantesca duna. Algunos de esos montículos han alcanzado alturas hasta de ciento veinte metros y han sepultado granjas, cabañas y árboles cercanos a la ribera.

historia de un río

Pero el agua que corre es la escultora más grande que tiene la naturaleza. Cada aguacero produce pequeñas cavidades o zanjas por las que fluye el agua hasta llegar a los arroyos y ríos.

Si el terreno es alto, la vertiente al mar es muy inclinada. En esos casos, el agua corre rápidamente y arrastra grandes rocas. Con la ayuda de éstas, el río se va abriendo camino hacia abajo y formando un valle que semeja una V.

Por supuesto, el río corta su camino por la roca suave mucho

Los valles nuevos, formados por ríos, tienen forma de V

más aprisa que por la roca dura. Por lo tanto, es probable que haya una cascada en los lugares en que el río cambia de terreno duro a terreno suave. A veces, una falla en la roca produce un precipicio por el que se lanza el río formando una catarata.

Durante miles y miles de años el agua va desgastando la Tierra más y más y el río fluye con mayor lentitud. Por último, no puede ya arrastrar roca pesada, por lo que deja de abrirse camino rápidamente. Arrastra en cambio fango y arena. Las laderas del valle se han desgastado, por lo que ya no forman una V, sino un valle más ancho. El río serpentea, formando amplias curvas, que ensanchan el valle aún más.

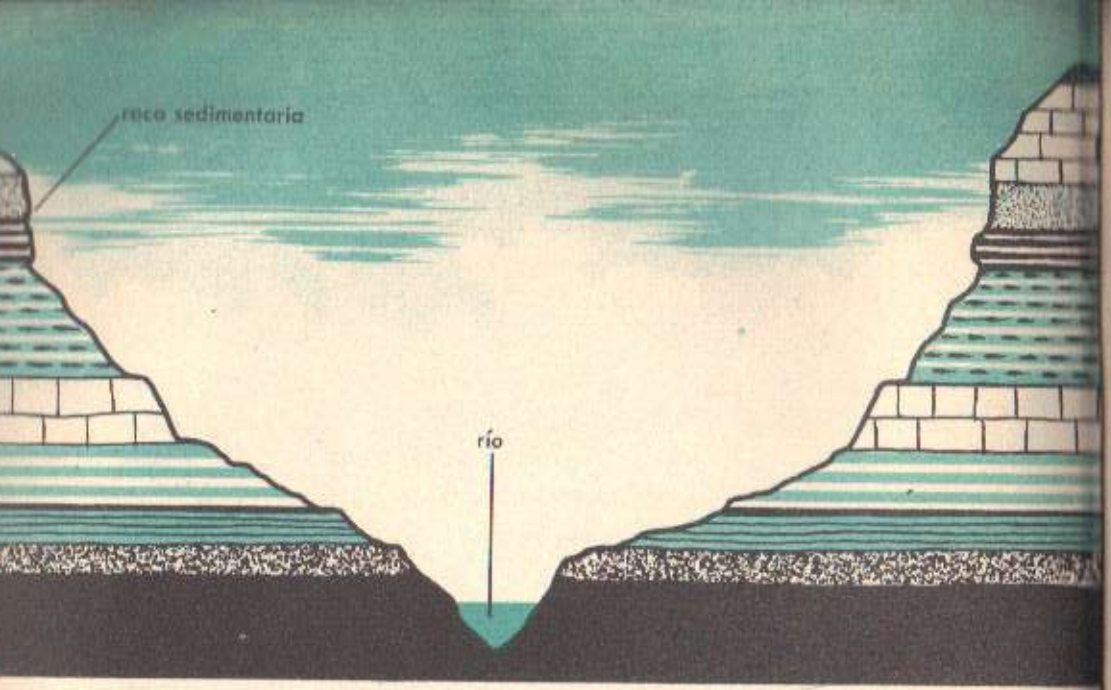
Los valles viejos, formados por ríos, son anchos y su río fluye lentamente por ellos, formando curvas.

CORTE TRANSVERSAL DE UN DELTA que muestra cómo se formó

Al fluir la corriente con más lentitud quedan en su lecho muchas toneladas de fango y arena. Eso hace subir el nivel del agua. Entonces, cada vez que llueve mucho, el río se sale de su cauce provocando inundaciones. Al terminar cada inundación, el agua deja una capa de cieno y arcilla en el valle. Poco a poco se forma así la llanura aluvial. Muchos millones de seres viven en llanuras aluviales, porque el suelo es muy fértil, pero siempre hay el peligro de las inundaciones.

Cuando el río entra en el océano, su corriente se vuelve más lenta. Entonces deposita el resto de su carga de fango y arena. Parte de esa carga se transforma gradualmente en un trozo de tierra, de figura de abanico, que se extiende desde la desembocadura del río. Esa tierra tiene una forma triangular, parecida a la de la letra griega *delta*. (△). Por eso se le ha dado ese nombre: delta. Al arrastrar el río más y más material, el delta se vuelve más largo. Forma tierras planas y pantanosas que se inundan fácilmente, pero que son sumamente fértiles.

El delta se extiende desde la desembocadura del río.



CORTE TRANSVERSAL DE UN CAÑON

el libro de la historia del mundo

A veces, las corrientes comienzan en lugares en que hay mucha agua, pero, camino al mar, pasan por una meseta alta, árida y rocosa. Entonces, el río que forman esas corrientes se precipita rápidamente hacia abajo, a causa de la gran altura de la tierra. Las laderas del valle no pueden ser gastadas rápidamente por la lluvia, ya que el clima es seco. A esos valles profundos, de laderas muy inclinadas, se les llama "cañones". El río suele cortar centenares de metros de roca sedimentaria en las paredes de los cañones. En esas paredes pueden verse capas de roca multicolor, que en otros lugares estarían bajo la superficie. Por lo general

esas capas están casi horizontales, tal como se formaron: la más antigua en el fondo, la siguiente en antigüedad, arriba, y así sucesivamente, hasta la capa más reciente, que se encuentra en la cúspide. Si las capas se interpretan en su orden, desde la inferior hasta la superior, revelarán mucho acerca de la historia de la Tierra en ese lugar.

Allá por 1869, el mayor John Wesley Power comprendió que en el Gran Cañón del río Colorado se hallaba uno de los mejores registros de la historia geológica. En aquel entonces nadie conocía bien el cañón. Sólo se sabía que tendría kilómetro y medio de profundidad en algunos lugares, una anchura de más de dieciséis kilómetros en otros y una longitud de muchos centenares de kilómetros. Circulaban pavorosas consejas de que corría bajo la superficie por cientos de kilómetros, de que rompían su curso elevadas cataratas y de que quien intentara navegar por él se moriría.

Pero Powell estaba decidido a explorarlo. Había estudiado muchos ríos y observado que el Colorado arrastraba una cantidad extraordinaria de fango. Razonó entonces que un río tan fangoso como ése, y que había esculpido un valle tan profundo, sin duda había desgastado cualesquiera cascadas que hubiesen existido. Mandó construir cuatro lanchas especiales, tan fuertes que pudieran resistir los golpes de mazo de las rocas y los rápidos. El 24 de mayo de 1869, él y nueve acompañantes iniciaron la navegación de los ríos Verde y Colorado, desde la región meridional de Wyoming. Durante varios meses no se supo de ellos y en una ocasión se informó que todos habían muerto.

Es verdad que pasaron por trances muy difíciles. Los rápidos eran tremendos, y los exploradores pasaban en el agua casi tanto

tiempo como en las barcas. Con frecuencia, permanecían en la ribera y dejaban que sus lanchas siguiesen navegando río abajo, sujetándolas sus tripulantes desde tierra por medio de un cable. Antes de un mes, uno de los botes había quedado completamente destruído y sus tripulantes habían estado a punto de perecer.

Posteriormente, los imponentes muros del cañón se juntaron tanto que los exploradores no podían ya permanecer de pie en la orilla y dejar que sus embarcaciones siguieran río abajo. Tuvieron entonces que navegar por los rugientes y terribles rápidos. Sus víveres se empaparon, por lo que durante gran parte del viaje el grupo tuvo que alimentarse exclusivamente de harina mohosa y tocino rancio. Empezó entonces una carrera contra el tiempo, para atravesar el cañón antes que los víveres se agotaran por completo. Tres de los exploradores desistieron de su empeño. Los demás continuaron y el 29 de agosto llegaron al final del cañón.

Lo que habían visto en el cañón era algo que estaba mucho más allá de lo que se habían podido imaginar. En el cañón existía un historial de la Tierra, que Powell calculó debía remontarse a muchos millones de años. En el fondo del cañón se hallaban las raíces desgastadas de antiquísimas montañas. Estaban llenas de roca volcánica y de diques. En una época remotísima, el mar las había cubierto y había depositado gruesas capas de roca sedimentaria. Posteriormente, la Tierra debió levantarse, pues había lugares en que la roca sedimentaria se había desgastado por causas

NAVEGANDO SOBRE EL RIO COLORADO, EN EL GRAN CAÑON

atmosféricas. Después, el mar había penetrado una vez más y depositado otras capas de roca sedimentaria. De nuevo, la tierra se había levantado, puesto que el viento y la lluvia se habían comido parte de esa capa de roca.

Juzgando por lo que veía en las paredes multicolores del cañón, Powell supuso que el mar había cubierto esa zona en tres ocasiones distintas; que la tierra se había levantado tres veces; y que los volcanes habían vomitado lava también tres veces. Podía ver que toda la región se había levantado lentamente, hasta formar una meseta muy elevada. Durante los muchos miles de años que duró el levantamiento de la tierra, el río había abierto su camino, unas veces aprisa y otras despacio, y en esa forma se había forma-

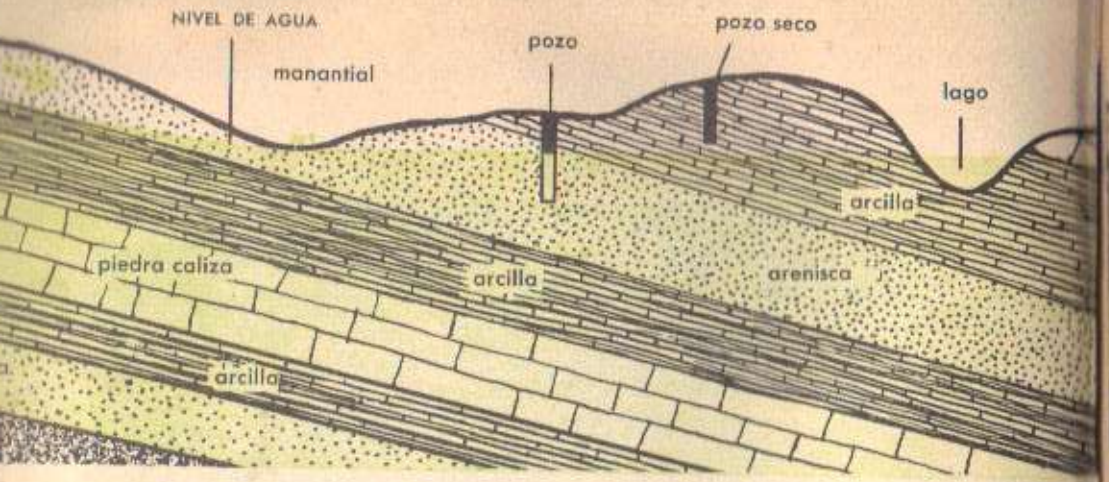
do el cañón. El viento y el agua se habían comido parte de la roca suave del cañón, dejando puentes naturales, mesas y montículos.

Hoy en día, los turistas visitan el Gran Cañón del Parque Nacional de Arizona para admirar ese lugar, que en algunos puntos tiene una profundidad de más de kilómetro y medio y una anchura de veintinueve kilómetros.

aguas subterráneas

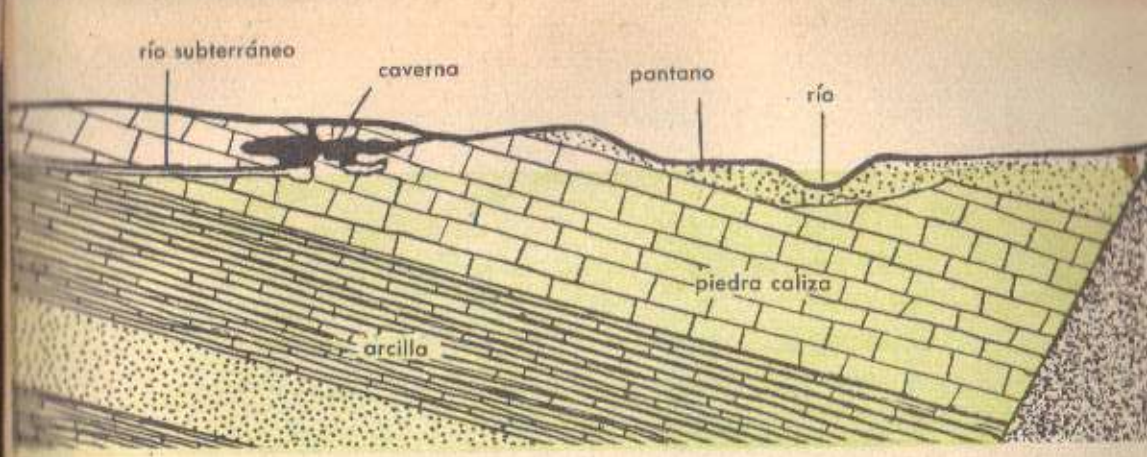
De toda la lluvia que cae, sólo aproximadamente una tercera parte corre por arroyos y ríos. Casi todo el resto se filtra. Empapa el suelo y sigue por hendeduras y fallas de las rocas. Desde ahí, se introduce en todas las grietitas y poros que encuentra. Lentamente, se extiende debajo de la superficie.

Esas aguas subterráneas, como se les llama, empapan la roca



y el suelo, formando una banda bastante próxima a la superficie. La parte superior de esa banda se conoce como nivel del agua, o mesa de agua. El nivel del agua sube o baja, según la cantidad de lluvia que haya caído. Las aguas subterráneas alimentan los pozos que se perforan en la tierra. Pero esos pozos deben ser lo suficientemente profundos para llegar hasta más abajo del nivel del agua.

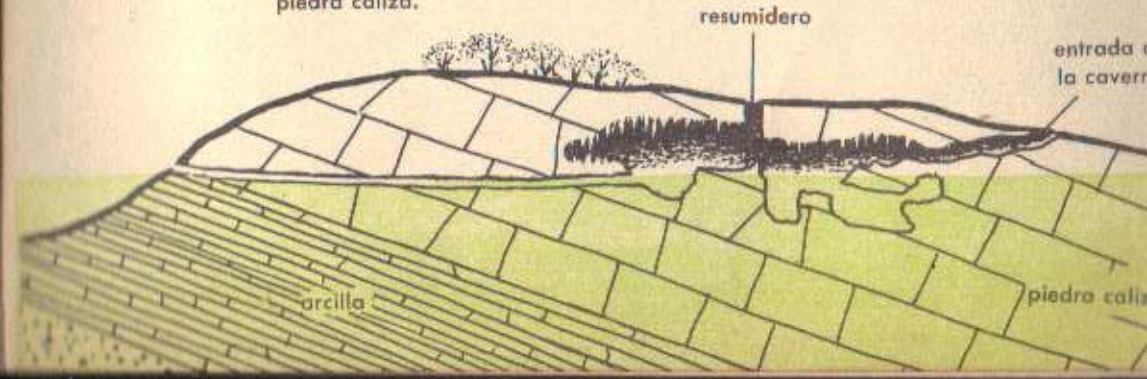
Gran parte de las aguas subterráneas vuelven a la superficie. Algunas veces la mesa de agua es lo suficientemente alta para salir a la superficie en algunos lugares. Entonces, las aguas subterráneas que fluyen en delgados hilos por entre las rocas de las montañas o las faldas de los montes, suelen aparecer en una grieta o abertura, en forma de manantiales. O bien, las aguas subterráneas se filtran en terrenos bajos y esponjosos, formando así ciénagas y pantanos. Los manantiales, o las filtraciones de las aguas subterráneas, llenan a veces cavidades en la tierra y forman lagunas y lagos. Por supuesto, un lago o una laguna también puede formarse por medio de una represa natural.



Gran parte de las aguas subterráneas vuelven a la atmósfera, en forma de vapor de agua. Sin embargo siempre hay agua en el subsuelo, donde hace cosas sorprendentes. El agua se une a diversos minerales y produce toda clase de cambios. Disuelve los minerales de la roca, los recoge, los arrastra y los deposita en algún otro lugar. A veces contribuye a convertirlos en minerales completamente distintos.

Algunas rocas, como la piedra caliza, el yeso y la sal, se disuelven muy fácilmente. Al continuar la filtración del agua por las fallas de las rocas, se las va comiendo, hasta que las aberturas se transforman en cavernas.

El agua suele formar cavernas en la piedra caliza.



Al formarse las cavernas, el agua que penetra en ellas generalmente se escurre y forma una corriente por el suelo. A veces, los ríos que corren por la superficie desaparecen de repente por agujeros que hay en la tierra. Esos ríos corren por las cavernas un buen trecho y luego vuelven a aparecer en la superficie.

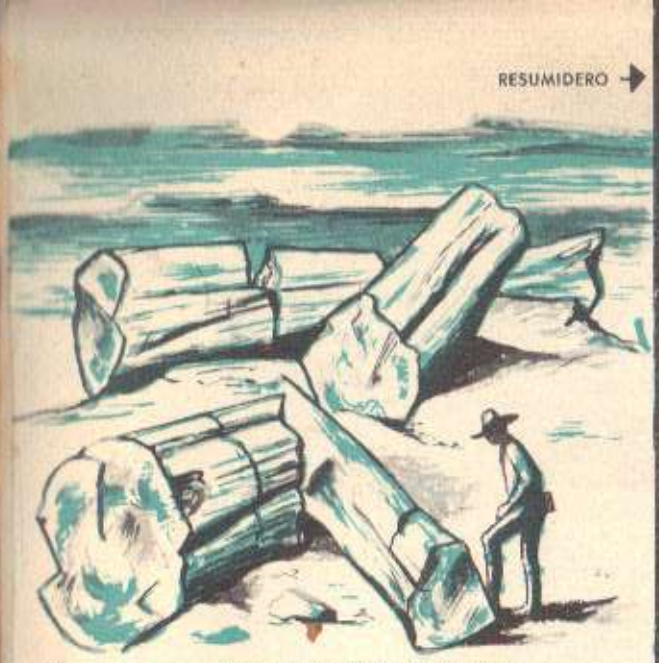
El agua suele disolver tanto la roca que la bóveda de la caverna se hunde, formando un agujero. A ese agujero se le llama resumidero. Otras veces, se desgasta casi toda la bóveda, salvo una pequeña parte. Así se forma un puente natural.

El agua suele juntarse tan lentamente en la bóveda de las cavernas que se evapora —se convierte en vapor de agua— antes de caer al suelo. Entonces, habiendo desaparecido el líquido del agua, el mineral que contiene queda adherido a la bóveda. Se le une más y más de ese mismo material, al llegar más agua que se

E NATURAL, VIRGINIA

CAVERNAS DE CARLSBAD, NUEVO MEXICO

RESUMIDERO



BOSQUE PETRIFICADO, ARIZONA

evapora. Se forman gradualmente delicados carámbanos minerales que cuelgan de la bóveda en figuras caprichosas llamadas estalactitas. En otras ocasiones, el agua gotea hasta el suelo de la caverna, pero con tanta lentitud que allí se evapora. Entonces los minerales que contiene se acumulan, formando estalagmitas.

El agua que se extiende por el suelo y la roca suele llegar hasta alguna concha marina o lo que queda de un tronco de árbol o de cualquiera otra cosa que haya sido parte de un ser viviente. Entonces, el agua se lleva la materia de que estuvo compuesta la concha o el árbol, partícula por partícula, y en su lugar deja minerales, tales como sílice o hierro. Se forma así una copia mineral exacta —copia petrificada— de la concha o el tronco original. Con frecuencia, la copia petrificada tiene colores brillantes y es muy hermosa.

glaciares

Además de las aguas subterráneas, las de la superficie de la Tierra, que se encuentran en los lagos, los ríos y los océanos, y el agua que contiene el aire, existe el agua en forma de hielo.

En las regiones frías, en las que nieva mucho —el Artico, el Antártico y la parte superior de las montañas— cae en el invierno más nieve de la que se derrite en el verano. Supongamos que caen dos metros de nieve y que se derriten sólo metro y medio. Si eso continúa año tras año, la nieve se va acumulando. Después de mucho tiempo forma una masa gruesa llamada glaciar.

Bajo el sol ardiente del verano se derrite algo de la nieve de arriba y el agua desciende en pequeños arroyos. Durante la noche, el aire se enfría y el agua derretida se congela. Al añadirse nuevas capas de nieve, la presión de las capas anteriores aumenta muchísimo. Gradualmente, la nieve queda comprimida y helada, formando así un inmenso glaciar.

Por supuesto, toda esa nieve y todo ese hielo son muy pesados. El fondo del glaciar empieza a moverse, para librarse del inmenso peso que tiene encima. El glaciar se convierte así en una gigantesca lengua de hielo que fluye lentamente por el valle. El gla-

ciar no fluye con la rapidez de un río. Posiblemente avance sólo unos cuantos centímetros por día.

Un joven suizo llamado Louis Agassiz se fue a vivir a un glaciar, para estudiarlo. Fue él el primero en demostrar que los glaciares efectivamente fluyen. Clavó una línea recta de estacas en el hielo del glaciar y en el valle, a ambos lados. Como lo había sospechado, las estacas clavadas en el glaciar avanzaban, en tanto que las del valle permanecían fijas.

Al hacer presión el glaciar hacia abajo, el hielo congela las rocas y la tierra que están debajo de él. De las vertientes del valle caen al glaciar polvo y más rocas, que también se congelan. El río de hielo avanza arrastrando todo ese material.

Las rocas de abajo, próximas a la tierra, se transforman en instrumentos del glaciar. Raspan y liman la tierra y rompen más rocas, que se unen al hielo. Los lugares escarpados los vuelven lisos. Se comen las paredes de los valles en forma de V y los transforman en valles en figura de U, como si un gigantesco dedo pulgar los hubiese trazado. Fórmanse cavidades que posteriormente tal vez sean el lecho de algún lago.

Por último, el glaciar llega a una región más caliente. Ahí empieza a derretirse. Debajo de él surgen arroyos, que arrastran cieno, grava y roca. Al desaparecer el hielo quedan aisladas enormes piedras que antes habían estado congeladas. En las orillas del glaciar se forman aristas llamadas morrenas, de tierra y roca que se desprenden del hielo que se derrite. Las morrenas pueden ser las represas de futuros lagos. También se forman colinas redondeadas llamadas conos de transición. Toda la superficie de la región la transforma el glaciar que se derrite.

Valle en forma de U

Es fácil reconocer la tierra que ha estado alguna vez cubierta por un glaciar, si se sabe lo que se debe buscar. Después del estudio que hizo de los glaciares, Louis Agassiz comprendió que gran parte de Canadá, la región septentrional de los Estados Unidos y el norte de Europa debieron haber estado cubiertos en una era remota por grandes glaciares. Podía encontrar indicios de eso en todas partes: enormes piedras aisladas en el campo, valles en forma de U, colinas redondeadas, aristas de grava, morrenas. Al principio nadie quería darle crédito. Ahora, los hombres de ciencia están de acuerdo en que hace muchos miles de años inmensos glaciares, procedentes del Artico y del Antártico, cubrieron grandes regiones de ambos hemisferios.

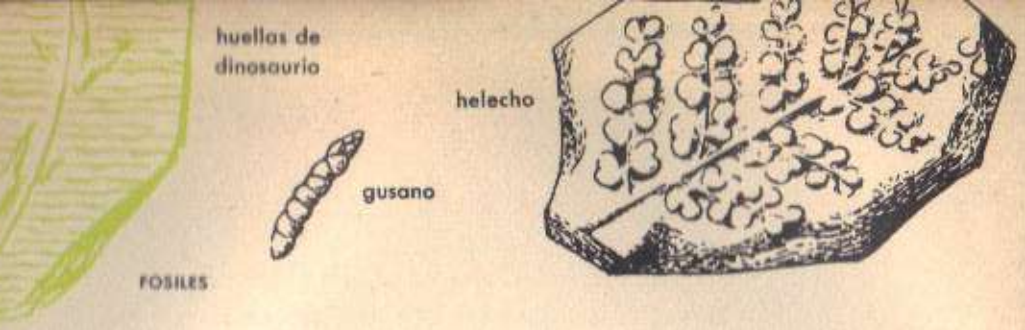
la tierra, a través del tiempo

¿Qué edad tiene la Tierra? Resulta difícil establecerlo con exactitud. Sin embargo, los geólogos pueden determinar la edad de algunas rocas por medio de una prueba de uranio. La roca más antigua data de unos tres mil ochocientos millones de años. Sin embargo, los geólogos creen que la Tierra es aún más antigua.

Casi todos los geólogos creen que los océanos y los continentes siempre han estado en los lugares que ahora ocupan, desde que la corteza se enfrió lo suficiente para que se formaran. En algunas ocasiones la tierra se ha hundido y han surgido mares poco profundos en algunas partes de los continentes. En esos lugares se han formado gruesas capas de roca sedimentaria, que contienen muchos fósiles.

Los fósiles son vestigios de antiguas plantas o animales conservados en la corteza de la Tierra —casi siempre en la roca sedimentaria. Ello ocurrió así: la planta o el animal, al morir, quedaron cubiertos inmediatamente por el agua y por una capa de cieno o arena. Eso protegió a la planta o al animal, de suerte que no se desintegraron. Al engrosar los sedimentos y quedar convertidos en roca por la compresión, también fueron comprimidas las plantas o los animales. Ahora, muchos millones de años más tarde, encontramos vestigios de la planta o del animal en forma de fósiles.

A veces, los fósiles son la concha o el hueso original. Otras veces, algunos minerales han ocupado el lugar de la materia original, y así los fósiles son copias exactas en mineral o huesos. O bien, la materia ha desaparecido por completo, dejando un molde hueco.



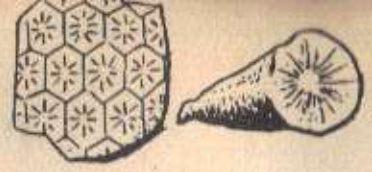
Por suerte tenemos fósiles, pues sin ellos nada sabríamos acerca de la vida en la Tierra durante épocas remotísimas. Los geólogos emplean los fósiles y la roca sedimentaria como pistas para descubrir la historia de la Tierra.

Uno de los primeros en comprender el valor de esos indicios fue un hombre que no era geólogo. Vivió en Inglaterra a principios del siglo dieciocho, cuando nadie sabía gran cosa acerca de los fósiles. Era un agrimensor llamado William Smith. Al viajar, en el desempeño de su trabajo de agrimensor, y especialmente al trabajar en compañía de hombres que abrían canales, Smith empezó a interesarse en las rocas y los fósiles. Con frecuencia, las rocas aparecían en capas o estratos. Smith notó que cierta clase de fósiles se hallaba siempre en una capa especial de roca, pero nunca en la inferior o en la superior. Sin embargo, la superior tenía sus propios fósiles, como ocurría también con la capa inferior.

Al ir de un lugar a otro, Smith continuaba buscando esos grupos especiales de fósiles y observando en qué capas los encontraba. Después de algún tiempo pudo comprobar que los fósiles se hallaban juntos y únicamente en determinadas capas de roca. Smith llegó a la conclusión de que cada una de las criaturas cuyos fósiles hallaba en una capa determinada de roca debía haber vivido en cierta era particular —el período en que la capa se estaba formando.

También notó un orden determinado en los fósiles: el grupo X,

esponja


coral

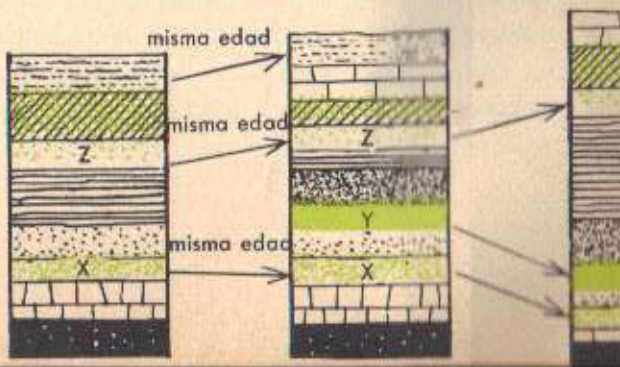
el grupo Y y el grupo Z. El grupo X siempre aparecía en la capa inferior. El grupo Y se hallaba en la capa intermedia. El grupo Z correspondía a la capa superior. Dedujo Smith que los fósiles X debieron haber vivido primero. Murieron al quedar cubiertos por una capa en la que había fósiles del grupo Y. Estos fósiles del grupo Y murieron y fueron sucedidos por los del grupo Z.

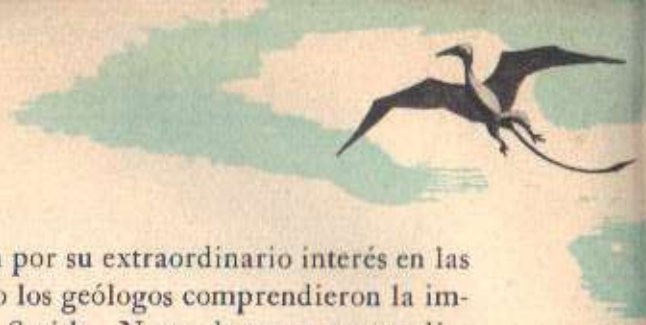
Además, Smith descubrió que en cierto lugar los fósiles Y aparecían en piedra arenisca roja y en otro lugar en piedra arenisca parda. En determinado punto quizá estuviesen cubiertos por 16 capas de roca y en otro punto, por sólo tres. Pero las dos piedras areniscas, la roja y la parda, se encontraban entre las capas que tenían fósiles X y fósiles Z. Así pues, según razonó Smith, las piedras areniscas roja y parda debieron haberse formado al mismo tiempo, cuando existían fósiles Y.

Después de algún tiempo, descubrió que podía reconocer las capas de las rocas por sus fósiles, en cualquier lugar que se encontraran o por profundas que fuesen. También podía determinar la edad de una capa, comparándola con la edad de otra.

Por último, Smith comenzó a hacer diagramas de las capas de roca, de diversas partes de Inglaterra, colocándolas una encima de otra, como si fuesen capas de un pastel. En cada capa señalaba la clase de roca y de fósiles que contenía. De esa manera podía ver en dónde se encontraba cada capa, en relación con las demás.

Los mantos de roca X, Y, y Z siempre se encuentran en el mismo orden, a menos que uno de los mantos se haya desgastado o que algunos otros mantos se hayan intercalado.





La gente se reía de Smith por su extraordinario interés en las capas de roca o estratos. Pero los geólogos comprendieron la importancia de los diagramas de Smith. No tardaron en trazar diagramas semejantes, de otras regiones. Cada diagrama era la historia de la Tierra en determinada región. Algunas de las capas de roca se hallaban dobladas y rotas. Otras, casi se habían desgastado por completo. Otras, en fin, parecían haberse perdido. En algunos lugares, entre las capas había lava volcánica. En otros había roca ígnea. Algunas capas contenían muchos fósiles y otras casi ninguno.

Comparando los diagramas de diversas regiones, los geólogos podían a veces decir qué capa había desaparecido, pues tal vez se encontrara en el lugar que le correspondía en otra región cercana. Determinaron el orden en que las capas de rocas y sus fósiles se habían formado. Poco a poco pudieron reunir una enorme carta cronológica que contenía todo el pasado de la Tierra.

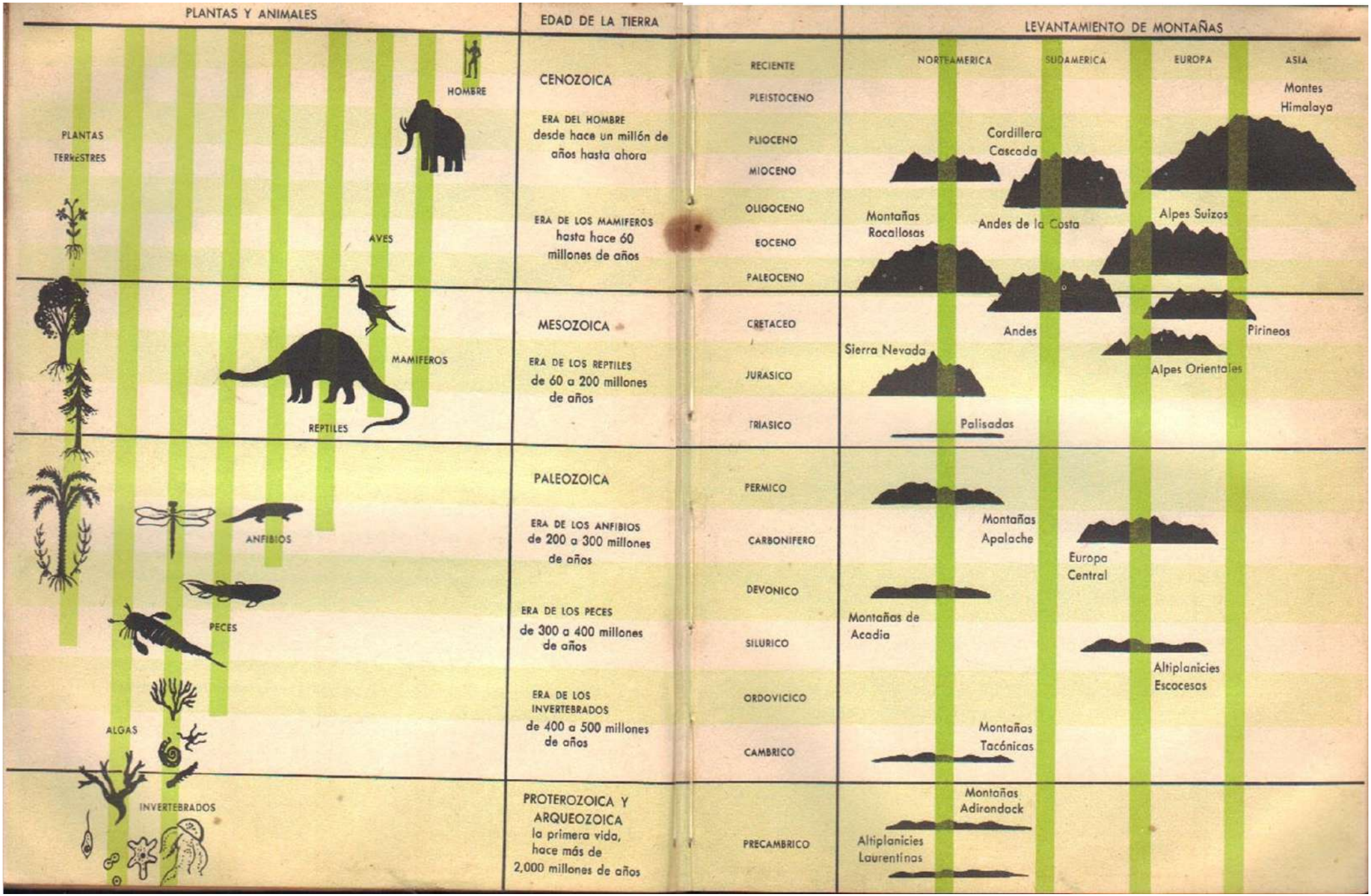
Descubrieron que podían dividir su carta en cinco grandes secciones. Al principio de cada una de ellas había habido una era de levantamiento de grandes montañas. Después, la Tierra se había gastado, los mares habían invadido parte de ella y se habían formado grandes capas sedimentarias. Muchos millones de años después, la Tierra se había levantado otra vez, formando montañas, y de nuevo se había desgastado. A esas cinco grandes divisiones del tiempo se les llama eras. Todos sus nombres terminan en "zoica" (del griego "vida"). Las eras arqueozoica ("comienzo de la vida") y proterozoica ("primera vida") son las más antiguas. Abarcan casi las tres cuartas partes de la edad de la Tierra. En sus capas rocosas casi no hay fósiles, por lo que sabemos muy poco

Dinosaurio Mesozoico, Tiranosaurio

acerca de esos tiempos. Las otras tres eras son la paleozoica ("vida antigua"), la mesozoica ("vida intermedia"), y la cenozoica ("vida reciente"). Vivimos en la era cenozoica.

Entre las eras de levantamiento montañoso hubo cambios en la Tierra. Los geólogos emplean esos cambios para dividir su carta cronológica en períodos. Saben cuáles rocas se formaron en cada uno de ellos y qué plantas y animales vivieron entonces.

Los fósiles son el único indicio que tenemos acerca de la vida en los tiempos remotos. Los hombres de ciencia llamados paleontólogos estudian los fósiles y las capas de roca. Durante muchos años, los paleontólogos han estado trabajando, juntando los fragmentos de fósiles, como si fuesen las piezas de un gigantesco rompecabezas. De lo que han descubierto podemos formarnos una idea excepcionalmente buena de cómo se fue desarrollando la vida en la Tierra. En la siguiente página aparece la carta cronológica que los hombres de ciencia formaron.

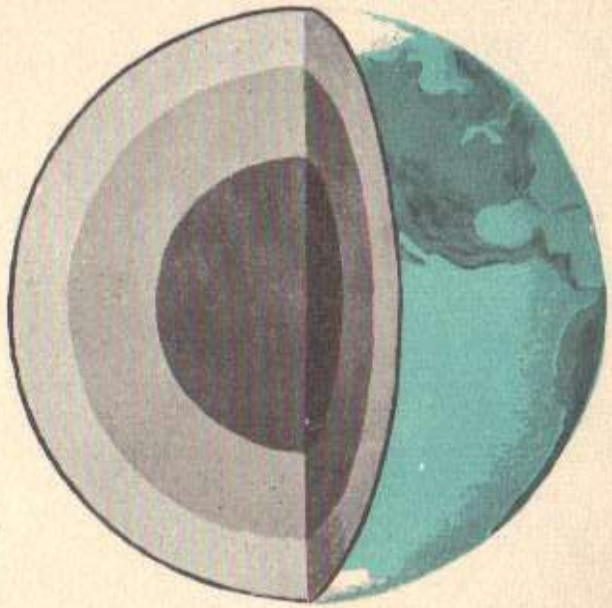

PLANTAS Y ANIMALES
EDAD DE LA TIERRA
LEVANTAMIENTO DE MONTAÑAS
HOMBRE
PLANTAS TERRESTRES
AVES
MAMIFEROS
REPTILES
ANFIBIOS
PECES
ALGAS
INVERTEBRADOS
CENOZOICA
ERA DEL HOMBRE
desde hace un millón de años hasta ahora
ERA DE LOS MAMIFEROS
hasta hace 60 millones de años
MESOZOICA
ERA DE LOS REPTILES
de 60 a 200 millones de años
PALEOZOICA
ERA DE LOS ANFIBIOS
de 200 a 300 millones de años
ERA DE LOS PECES
de 300 a 400 millones de años
ERA DE LOS INVERTEBRADOS
de 400 a 500 millones de años
PROTEROZOICA Y ARQUEOZOICA
la primera vida, hace más de 2,000 millones de años
RECIENTE
PLEISTOCENO
PLIOCENO
MIOCENO
OLIGOCENO
EOCENO
PALEOCENO
CRETACEO
JURASICO
TRIASICO
PERMICO
CARBONIFERO
DEVONICO
SILURICO
ORDOVICICO
CAMBRICO
PRECAMBRICO
NORTEAMERICA
SUDAMERICA
EUROPA
ASIA
Montes Himalaya
Cordillera Cascada
Montañas Rocallosas
Andes de la Costa
Alpes Suizos
Andes
Pirineos
Sierra Nevada
Alpes Orientales
Palisadas
Montañas Apalache
Europa Central
Montañas de Acadia
Altiplanicies Escocesas
Montañas Tacónicas
Montañas Adirondack
Altiplanicies Laurentinas

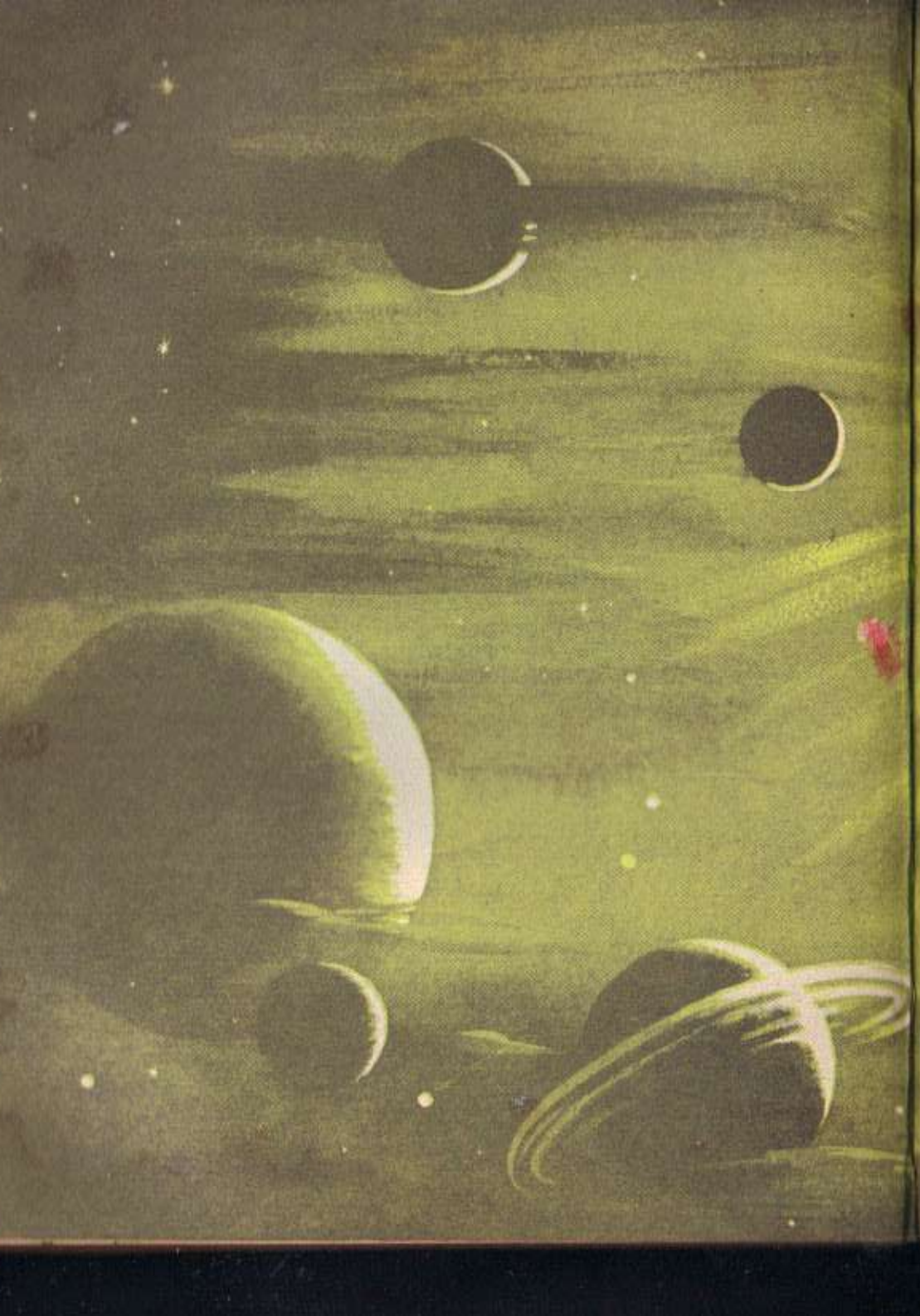
Como hemos visto, la vida comenzó con organismos acuáticos muy pequeños, seguidos de peces gelatinosos, conocidos como aguamalas o medusas. Vinieron a continuación minúsculos animales provistos de concha y después el coral y otras criaturas sin espina dorsal. A continuación llegaron los peces, primer grupo de animales con espina dorsal. El primer grupo de animales que vivió en tierra fue el de los anfibios, que tenían que pasar parte del tiempo en el agua. Llegaron posteriormente los reptiles, primer gran grupo de animales vertebrados que vivió exclusivamente en tierra. Poco a poco los reptiles cedieron el campo a los mamíferos, animales que alimentan a sus crías con leche.

De todos los mamíferos, el hombre es el más numeroso. Ha cambiado la Tierra, posiblemente más que cualquier río o glaciar. El hombre ha arado el suelo, para plantar cereales y frutos, ha derribado árboles, para obtener combustible y para construir casas. Ha excavado la tierra en busca de minerales y ha construido represas para convertir desiertos en fértiles campos.

Pero el hombre en su afán de apoderarse de los tesoros que encierra la tierra la ha desgastado con demasiada rapidez. Cada día comprendemos más el daño que ha causado el hombre. Nos damos cuenta de que debemos esforzarnos por salvar los bosques y conservar el suelo, los minerales y el agua.

Tuvieron que transcurrir millones de años para que la Tierra llegase a ser lo que es actualmente. Recuerda eso cuando escales una colina. Esa colina quizá fue una montaña o estuvo oculta en el mar. Tuvo su comienzo hace mucho, mucho tiempo.



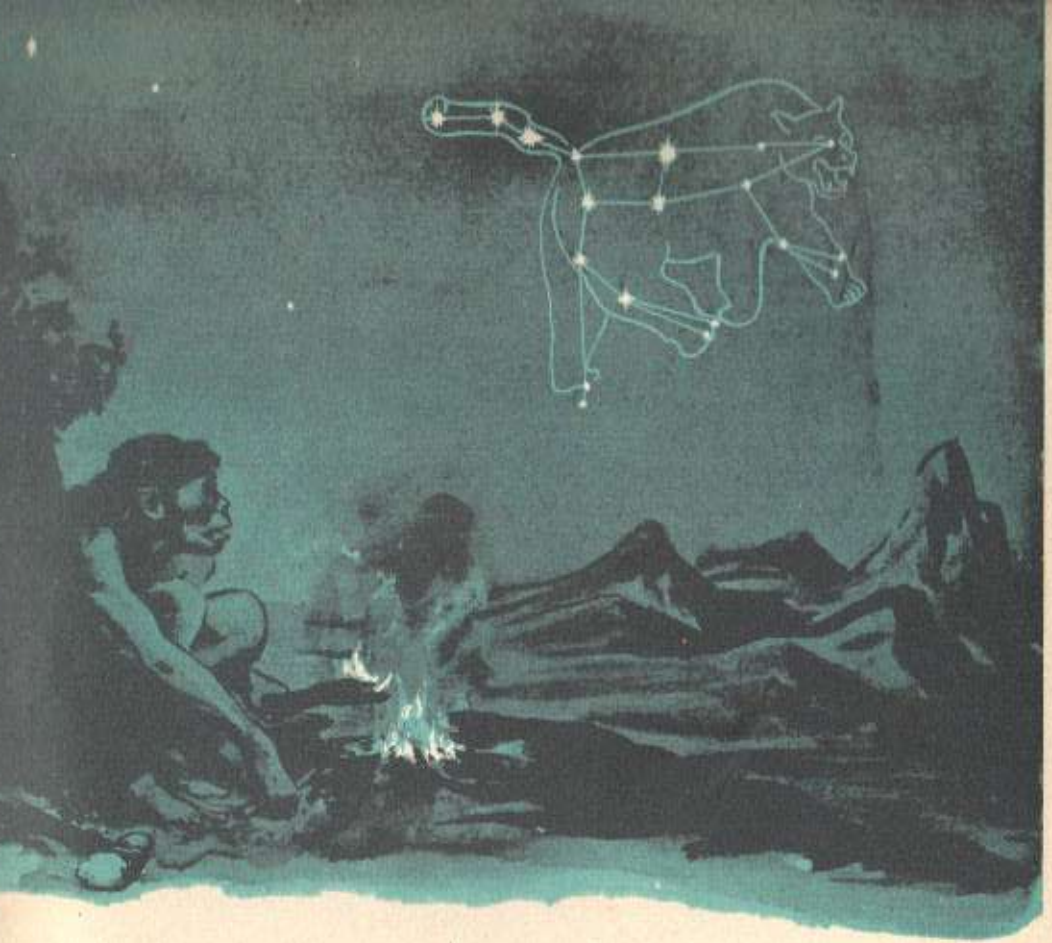


Mis Primeros Conocimientos de

ASTRONOMIA

POR **Vivian Grey**

ILUSTRACIONES DE GEORGE G



La Tierra, Nuestro Planeta

Desde los días en que el hombre primitivo empezó a trazar imágenes del Sol, la Luna y las estrellas en las paredes de sus cavernas, el firmamento ha sido objeto de admiración. Los antiguos inventaron fábulas acerca de la obscuridad y la luz, la Luna, el Sol y las estrellas, pero, más que nada, trataron de explicarse cómo

y por qué la Tierra formaba parte del Universo. Ahora la astronomía, ciencia que se ocupa de los cuerpos celestes, nos ha dado la respuesta a muchas preguntas.

El hombre de la antigüedad sabía que la Tierra era grande. No es sorprendente que creyera que la Tierra era mucho más grande que cualquiera de los distantes puntos luminosos que brillaban en el firmamento nocturno, ni tampoco es sorprendente que creyera que la Tierra era el centro del Universo.

Hace varios siglos, lo natural era que la gente creyera que la Tierra era una tabla plana, de la que surgían las montañas. Cuando el hombre caminaba, ponía su planta en suelo plano. ¡Bastaba esa prueba!

Pero algunos observadores notaron que a veces la sombra de la Tierra aparecía en la Luna y siempre era redonda. Además, a gran distancia, los barcos parecían hundirse poco a poco en el horizonte — algo que no ocurriría si la superficie de la Tierra no fuese curva. En el siglo dieciséis los marineros de Hernando de Magallanes que zarparon de Portugal rumbo al oeste, al fin llegaron al puerto del que habían salido. Sólo siendo la Tierra redonda podían haber regresado a su punto de partida.

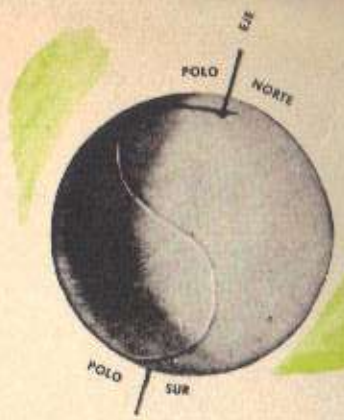
Hoy en día, se pueden tomar fotografías de la curvatura de la Tierra, con cámaras automáticas instaladas en cohetes o en vehículos espaciales.

Fotografía de los Observatorios Mante Wilson-Palomar

Los astrónomos disponen de muchos instrumentos para el estudio del firmamento, entre ellos el telescopio Halle, de 200 pulgadas.

Cuando una persona da un salto en el aire, regresa al suelo. Existe una fuerza que hace que la Tierra y todo lo que hay en ella, atraigan a las demás cosas. A esa fuerza se la llama gravedad. Nadie puede ver, tocar ni sentir la fuerza de gravedad, pero ésta se encuentra en todas partes. Un cuerpo grande tiene más gravedad que uno pequeño de igual densidad. Puesto que la Tierra es más grande que lo que en ella se encuentra, atrae a todas las cosas; pero al mismo tiempo, todas las cosas que hay en la Tierra, atraen a ésta.

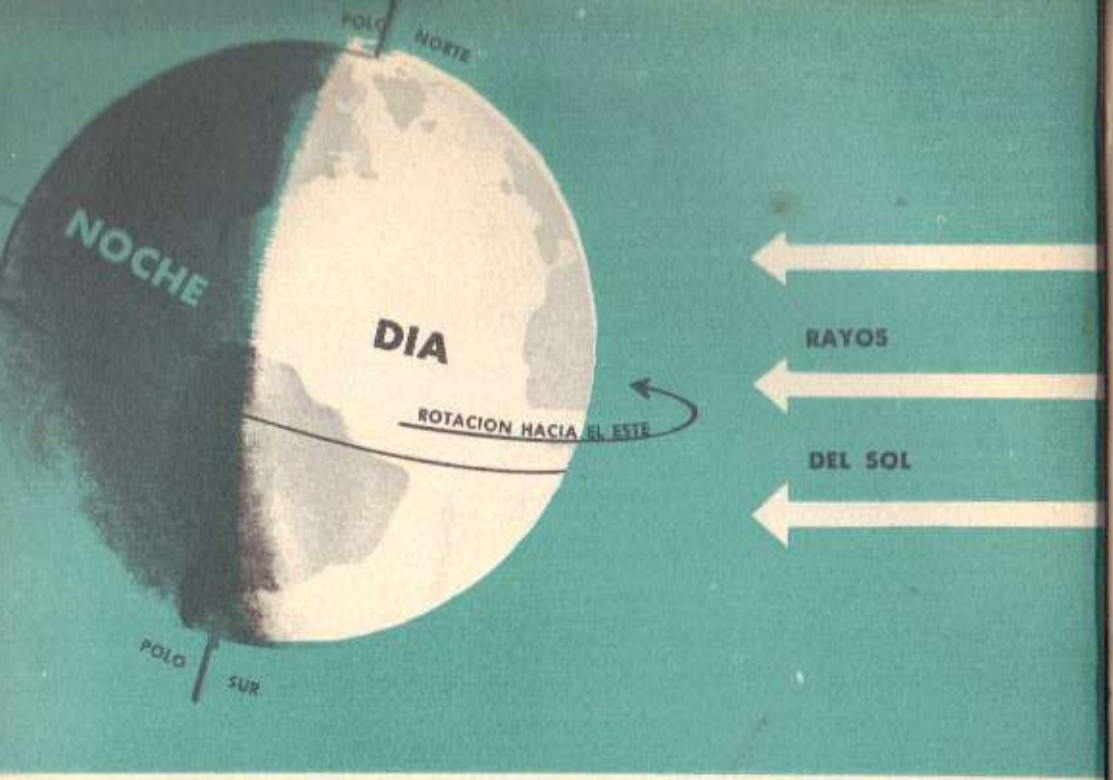
La gravedad terrestre es la que hace que nuestros alimentos permanezcan en el plato, la que nos mantiene sentados en nuestra silla, la que impide que este libro flote hasta el techo. Es también la que determina si un bulto es pesado o ligero, puesto que el peso depende del grado de atracción que ejerce la Tierra sobre una persona o un objeto. A causa de la gravedad, caminamos con la cabeza apuntando al cielo y con los pies en el suelo.



La Tierra se mueve por el espacio dando vueltas, o girando. Podemos ver cómo gira, haciendo este experimento: introduzcamos un alambre fuerte a través de una pelota de goma y hagamos que ésta gire en torno del alambre. Notaremos que dan vuelta todos los puntos de la bola, salvo en uno y otro extremo por donde pasa el alambre. Esos dos puntos son los polos de la pelota y el alambre es el eje.

La Tierra también tiene dos polos y un eje. Al girar por el espacio sólo hay dos puntos que no se mueven. Uno, en la parte norte de la Tierra, recibe el nombre de Polo Norte; el otro, en la parte sur, se llama Polo Sur. El eje es una línea imaginaria que atraviesa la Tierra desde el Polo Norte hasta el Polo Sur.

En el ecuador, entre el Polo Norte y el Polo Sur, la Tierra gira a más de 1,600 kilómetros por hora. Completa una vuelta sobre su eje todos los días, y a causa de



Al girar la Tierra, el día llega a la parte que recibe los rayos del Sol

esa vuelta, tenemos día y noche. El lado de la Tierra que mira hacia el Sol tiene luz diurna, mientras el otro lado, que mira en dirección completamente contraria a la del Sol, está en la obscuridad, o en la noche.

Al declinar el día, vemos que el Sol se oculta en el poniente y, al amanecer, vemos que sale por el horizonte del oriente. Debido a que la Tierra gira de oeste a este, las estrellas, el Sol y la Luna parecen moverse hacia el oeste cada día.

Rodeando a la Tierra hay una mezcla de gases a la que llamamos aire, formada principalmente de nitrógeno y oxígeno. Esa capa de aire que rodea la Tierra se llama atmósfera. La gravedad también atrae a la atmósfera. Mientras más asciende el hombre, más tenue se vuelve el aire.

Durante el día, el cielo se ve azul (no rosado, ni púrpura, ni verde, ni amarillo) a causa de los rayos de luz que llegan del Sol. Viajan por el espacio como luz invisible hasta que, a unos 115 kilómetros por encima de la Tierra, los gases y el polvo de la atmósfera empiezan a desviarlos y a dispersarlos en todas direcciones.

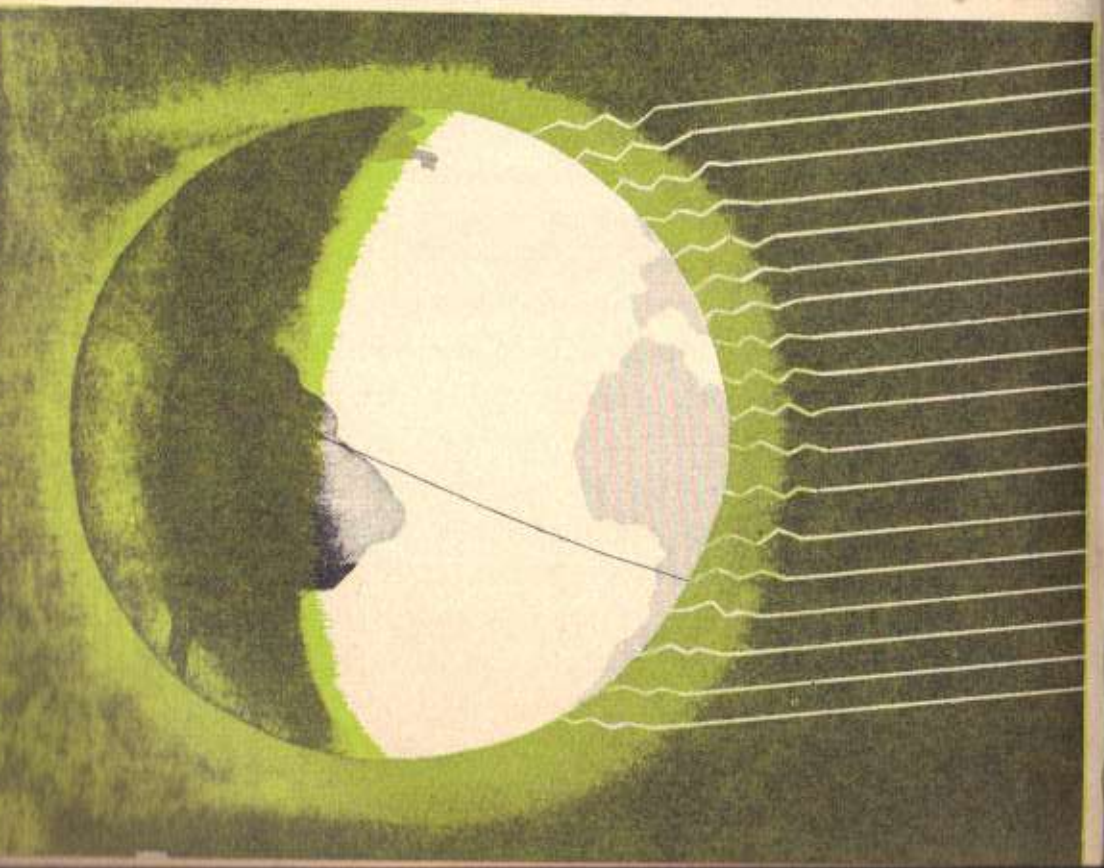
Para comprender cómo la atmósfera puede doblar un rayo de luz, hagamos este experimento: se pone una cuchara en un vaso de agua, y se mira el vaso a trasluz. El mango de la cuchara parece romperse en el punto en que entra en el agua porque los rayos de luz se quiebran al pasar del aire al líquido más pesado. De la mis-

El mango de la cuchara parece quebrarse al entrar en el agua.

ma manera, los rayos de luz que llegan del Sol se doblan al entrar en la atmósfera y son esparcidos por el aire y el polvo. Los rayos solares están formados por todos los colores del arco iris. Puesto que la luz azul es la que más se dispersa, el cielo nos parece azul.

Sobre la atmósfera y más allá de ella se encuentra el inmenso vacío que llamamos espacio y que se extiende por todos lados infinitamente, lejos de la Tierra, más lejos de lo que nos es posible imaginar. Todos los cuerpos celestes se mueven en el espacio.

Los rayos de luz se quiebran y se difunden al penetrar en la atmósfera



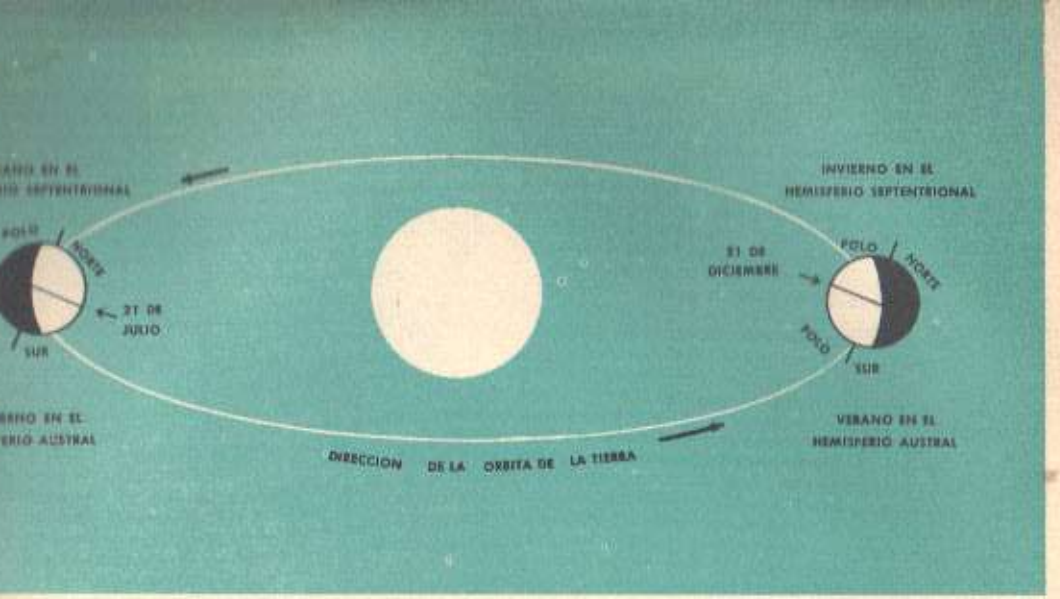
Si el hilo no detuviese la bola, ésta saldría lanzada por el espacio.

La Orbita de la Tierra

Al mismo tiempo que la Tierra gira sobre su eje, se mueve alrededor del Sol en su órbita, que es un círculo ligeramente achatado, o sea una elipse. La Tierra necesita casi 365-1/4 días para terminar un viaje completo alrededor del Sol. A este período se le llama año.

Para comprender en qué forma la Tierra da vuelta en su órbita, sujétese una pelota a un cordel y hágasele girar sobre la cabeza. Al girar rápidamente parece volar hacia afuera, lejos del centro del círculo. Si soltáramos el cordón, la bola saldría disparada en línea recta.

De la misma manera, si no existiera la fuerza que la retiene en su órbita, la Tierra no giraría alrededor del Sol. La gravedad del Sol es la fuerza que atrae a la Tierra. Hay una gigantesca lucha de fuerzas opuestas entre la Tierra y el Sol. En esa lucha, ambos lados están en perfecto equilibrio, y ese equilibrio es el que señala el camino que sigue la Tierra al girar alrededor del Sol.



La inclinación del eje de la Tierra causa las distintas estaciones.

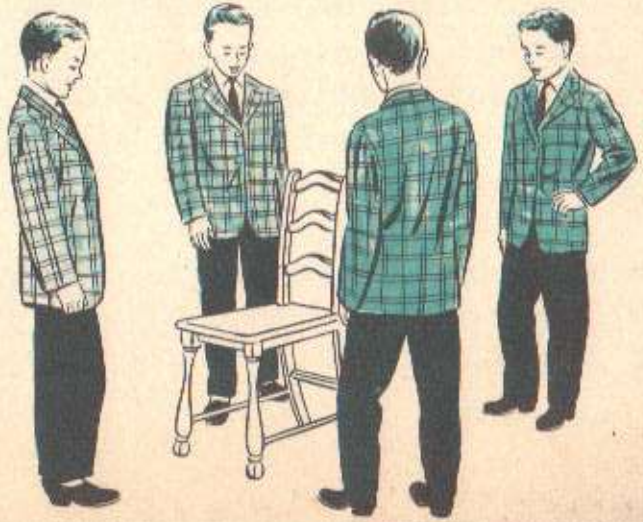
Al girar la Tierra alrededor del Sol, su eje no es perpendicular en relación al plano de su órbita, sino ligeramente inclinado. A causa de esa inclinación, la parte norte de la Tierra se encuentra ladeada hacia el Sol la mitad de cada año. Esa mitad recibe entonces los rayos del Sol más directamente y tiene primavera y verano, en tanto que la mitad sur tiene otoño e invierno. Los otros seis meses del año, la Tierra se inclina en la dirección opuesta y, por consiguiente, las estaciones se vuelven a invertir en ambos hemisferios.

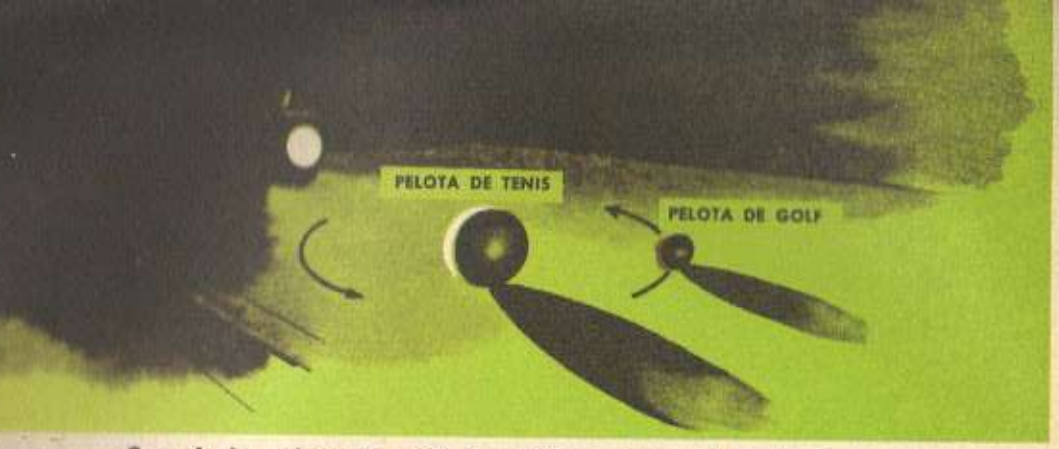
Sin la inclinación del eje terrestre, tendríamos verano únicamente en el ecuador, las secciones intermedias al norte y sur del ecuador tendrían primavera eterna y habría un crepúsculo de 24 horas en ambos polos.

La Luna, nuestra vecina más próxima, se encuentra a unos 384,000 kilómetros de distancia. Es un satélite de la Tierra. Al girar la Luna alrededor de la Tierra en una órbita casi circular, es retenida en esa órbita por la gravitación terrestre. La Luna completa un círculo en torno a la Tierra cada 27-1/3 días.

Ya que la Luna gira sobre su eje más lentamente que la Tierra sobre el suyo, la Luna tiene un "día" lunar que equivale a 14 días terrestres.

Desde la Tierra sólo vemos un lado de la Luna porque ésta gira sobre su eje exactamente al mismo tiempo que gira en torno a la Tierra. Para comprender esto, caminemos alrededor de una silla, con la cara siempre hacia ella. Notaremos que al completar el círculo alrededor de la silla también habremos completado un círculo en relación con el cuarto.





Cuando la pelota de golf no está entre la pelota de tenis y la lámpara, o la pelota de tenis no está entre la pelota de golf y la lámpara - sólo una parte de la mitad iluminada de la pelota de golf mira hacia la de tenis.

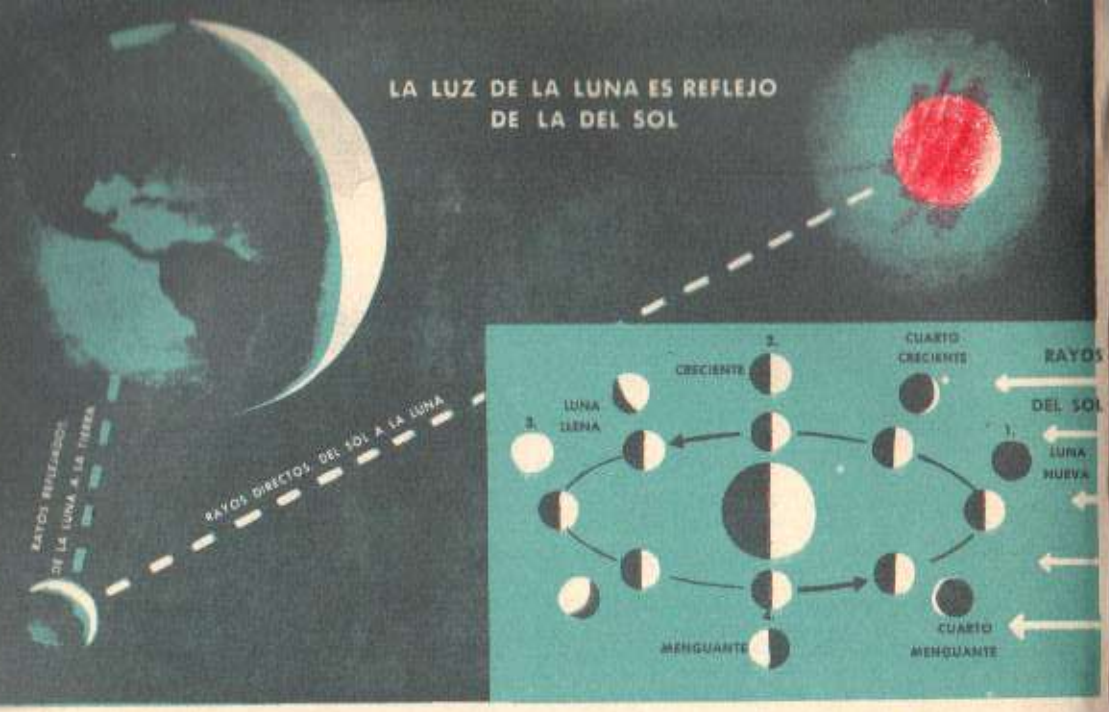
La Luna parece más grande y más luminosa que las estrellas únicamente porque está tan próxima a nosotros. En realidad, es uno de los cuerpos celestes más pequeños. Su diámetro (línea recta que pasa de un lado al otro, por el centro) es de unos 3,476 kilómetros.

Durante el día no vemos a la Luna, porque nuestro cielo azul brilla tanto. Pero después del crepúsculo, cuando el cielo se obscurece, vemos que los rayos del Sol iluminan a nuestro satélite y que éste refleja la luz solar. Es como si estuviésemos sentados en la obscuridad de un teatro viendo bailar a una bailarina iluminada por un reflector. En este caso la bailarina es la Luna y el reflector es el Sol.

La Luna, noche a noche, parece cambiar de forma. A esos cambios se les llama fases. Para comprenderlas hagamos este experimento: colóquense sobre una

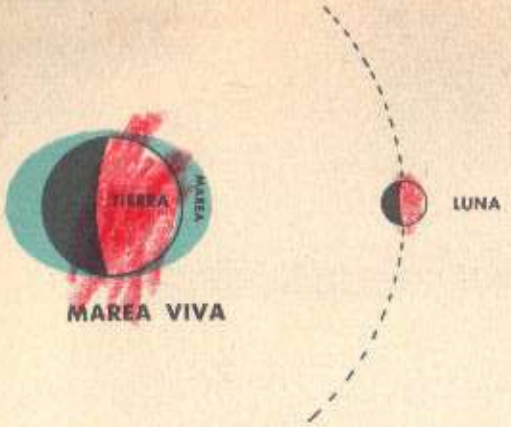
mesa una pelota de golf (la Luna), una pelota de tenis (la Tierra) y una lámpara de bolsillo que ilumine a ambas pelotas. Muévase la pelota de golf alrededor de la de tenis. La lámpara siempre iluminará más o menos la mitad de la pelota de golf. Cuando la pelota de tenis (la Tierra) se encuentra entre la de golf (la Luna) y la lámpara (el Sol) la mitad iluminada de la pelota de golf mira hacia la Tierra. Eso equivale a Luna llena. Pero cuando la pelota de golf está entre la de tenis y la lámpara, la mitad iluminada de la pelota de golf mira hacia la lámpara, en dirección contraria a la pelota de tenis, en tanto que presenta a ésta su mitad obscura. Eso equivale a Luna nueva. Cuando la pelota de golf está de un lado u otro de la pelota de tenis, sólo una parte de su mitad iluminada mira hacia la pelota de tenis. Eso produce la media luna, que se va ensanchando, hasta llegar al cuarto creciente o que, desde el cuarto creciente, se va reduciendo.

Lo mismo ocurre al girar la Luna en torno a la Tierra. El dibujo de la página siguiente muestra que, al pasar la Luna de una fase a otra, la media luna luminosa va creciendo, hasta que, desde la Luna nueva invisible, en 1, llegamos al cuarto creciente, en 2. Después, en 3, tenemos Luna llena. Del 3 al 4, la faz de la Luna se va reduciendo hasta el cuarto menguante. Luego aparece nuevamente la media luna, pero apuntando al lado opuesto. El círculo se completa en 29½ días.



El Sol ilumina siempre la cara de la Luna que mira hacia él (dibujo interior marcado con flechas). Pero desde la Tierra se la ve en diferentes aspectos (serie de dibujos exteriores). La parte iluminada aumenta y disminuye.

La gravitación de la Luna, a 384,403 kilómetros, atrae a la Tierra y a todo lo que en ella se encuentra. Las partes rocosas de nuestro planeta no se pueden mover fácilmente, pero el agua de los mares se mueve de un lado a otro y se acumula en la parte del globo que se encuentra bajo el influjo de la Luna. Esa elevación del agua se llama marea alta o pleamar. Como la Tierra gira y la Luna se mueve en torno a ella, la pleamar también se mueve. Entre cada marea alta hay una baja.



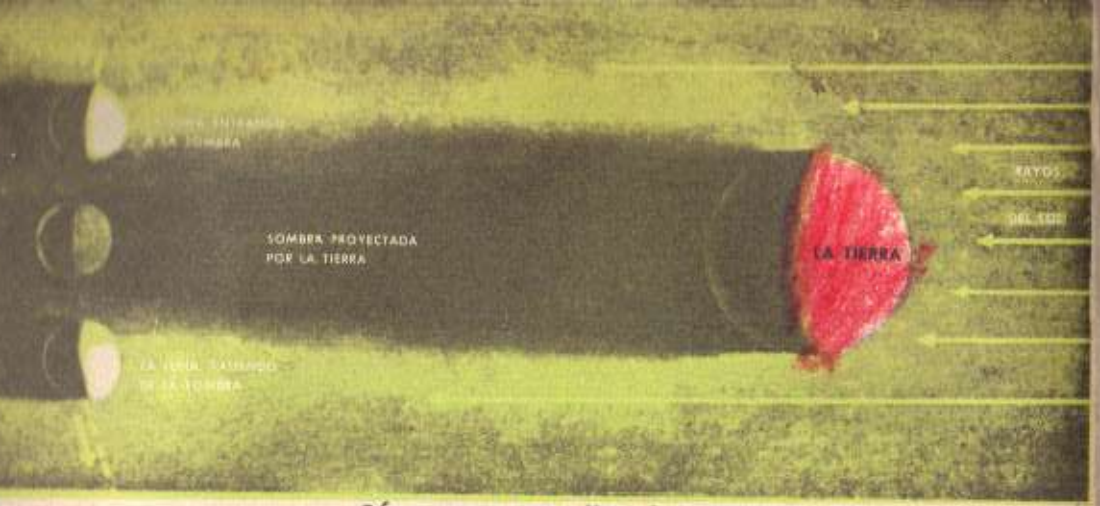
MAREA VIVA

En la marea viva, el Sol y la Luna atraen al mismo tiempo.

El Sol también atrae, pero está tan lejos que su efecto sobre el agua no es tan intenso. Por eso la marea solar es más pequeña que la lunar. Cuando el Sol y la Luna se encuentran del mismo lado de la Tierra, o en lados opuestos, su atracción se suma y la pleamar es más fuerte. A ésta se la llama marea viva. Pero cuando la dirección del Sol forma un ángulo recto con la de la Luna se dice que ambos están en cuadratura. Entonces la gravitación solar anula en parte la lunar, la pleamar es más baja que nunca, y se la denomina marea muerta.

En la marea muerta, o de cuadratura, el Sol y la Luna atraen en ángulo recto.

MAREA MUERTA



Cómo ocurre un eclipse lunar

A veces, el Sol, la Tierra y la Luna, al girar por el espacio, se colocan casi en línea recta. Entonces un objeto obstruye la luz procedente de otro objeto. A eso se le llama eclipse. Cuando la Tierra se encuentra precisamente entre la Luna y el Sol se produce un eclipse lunar. El eclipse lunar ocurre siempre durante el período de la Luna llena: la Tierra impide que los rayos

La Luna durante un eclipse, al entrar en la sombra de la Tierra.

Cortesía del Museo Americano de Historia Natural

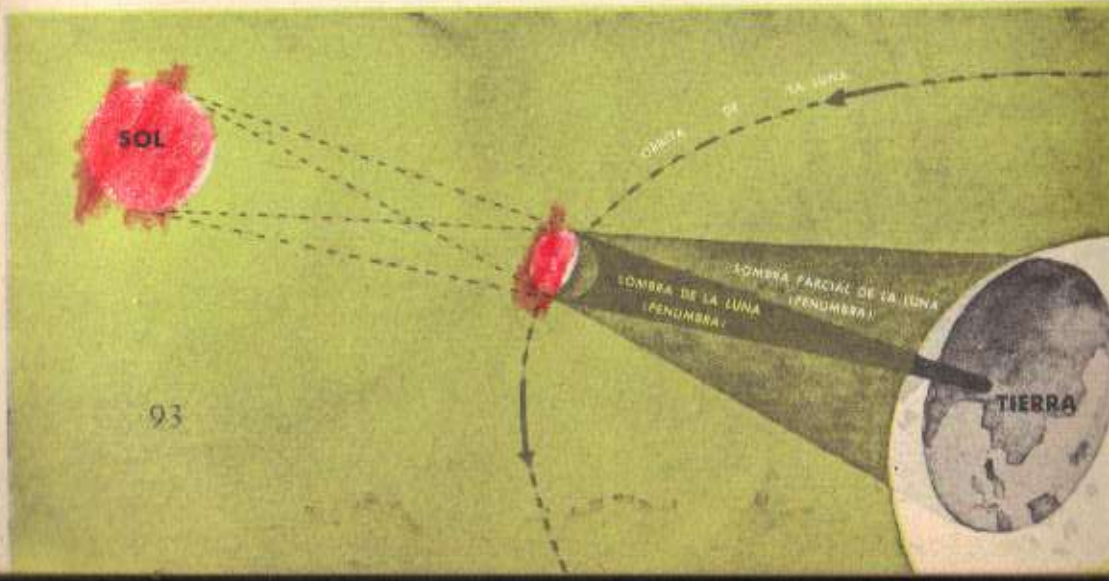
Cortesía del Museo Americano de Historia Natural

Eclipse total de Sol, isla de Enderberry, Océano Pacífico

del Sol lleguen a la Luna y vemos entonces la sombra redonda de nuestro planeta reflejada en la superficie de la Luna.

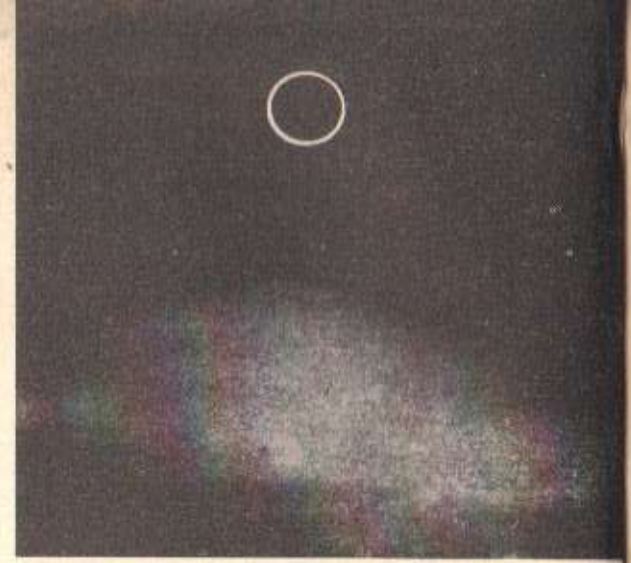
Durante el eclipse solar, la Luna se encuentra entre la Tierra y el Sol, e intercepta los rayos solares. A veces, el eclipse es total, es decir, desde todos los puntos que se encuentren en una faja determinada de la Tierra

Cómo ocurre un eclipse solar



Eclipse solar parcial

Cortesía del Museo Americano de Historia Natural



Eclipse anular

el Sol está completamente oculto por la Luna. Otras veces, el eclipse es parcial cuando el Sol sólo está parcialmente oculto. O bien, puede haber un eclipse anular, cuando un delgado anillo del Sol aparece alrededor del globo de la Luna.

Cada eclipse solar puede verse únicamente desde una angosta faja de la superficie terrestre, al moverse la sombra de la Luna, como un brochazo, sobre nuestro planeta. Cada año ocurren dos eclipses solares.

Por su proximidad a la Tierra, la Luna era el astro indicado para comenzar la exploración del espacio. Neil Armstrong y "Buz" Aldrin, los primeros astronautas que pisaron nuestro satélite, vestían trajes especiales con cascos transparentes y llevaban su provisión de oxígeno,

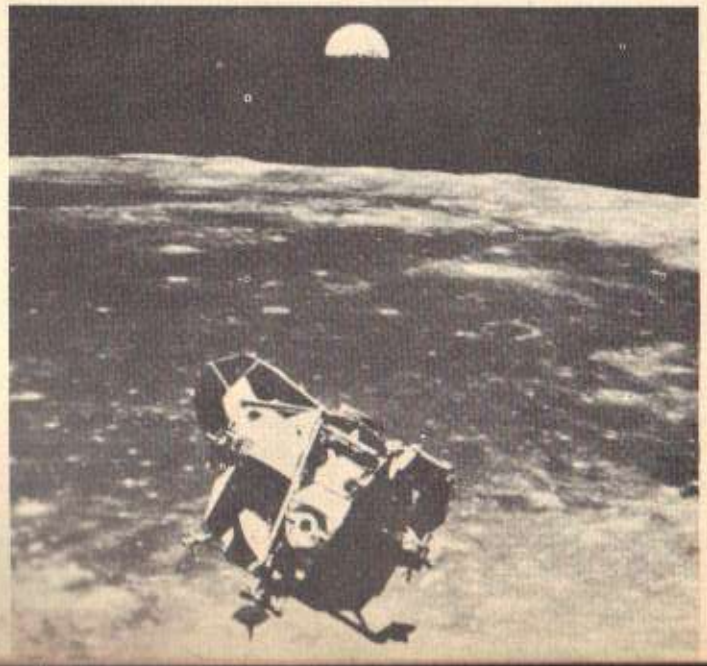
ya que allí no hay atmósfera. Sus huellas quedarán marcadas para siempre en el polvo lunar debido a la falta de lluvia y de viento. Como el sonido no puede transmitirse donde no hay aire, ningún ruido turbaba el absoluto silencio cuando callaban los receptores de radio de su equipo. El cielo, aun de día, era un manto negro donde lucían los puntos luminosos de las estrellas y el gran globo de la Tierra.

Los picos de la Luna nunca se han desgastado

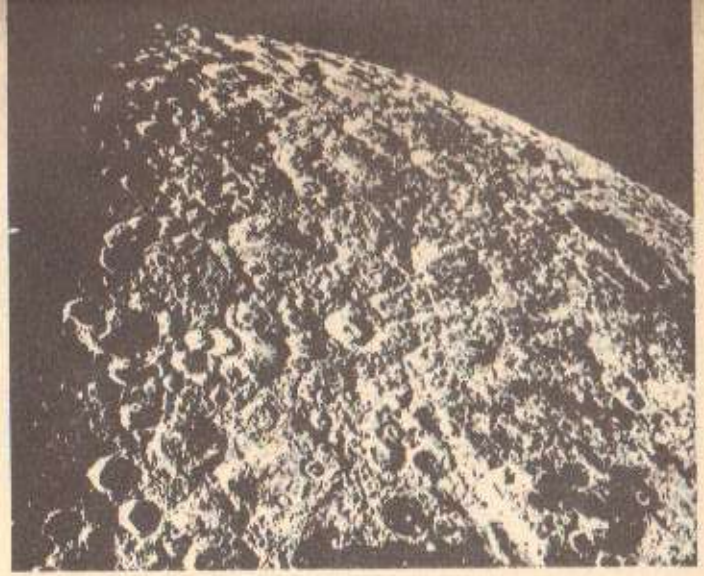
Aunque los astronautas iban muy cargados con diversos instrumentos científicos, marcharon sin dificultad por la superficie lunar, porque la Luna es mucho más pequeña que la Tierra, y su fuerza de gravedad apenas alcanza a la sexta parte de la de nuestro planeta. Un hombre de 90 kilos pesa allá solamente 15. Por la misma razón, las naves espaciales requieren un impulso considerablemente menor para despegar del suelo de la Luna y para escapar de su órbita, lo cual naturalmente facilita el viaje de regreso a la Tierra.

En la Luna no hay hierba, ni árboles, ni flores, ni plantas. Nada crece en ella. Nada cambia. Dondequiera se encuentra el polvo inmóvil, salvo en las altísimas montañas. No hay cascadas, por lo que, sin agua ni aire, los picos de las montañas no se han desgastado.

El módulo lunar de una nave Apolo descendiendo en la superficie del satélite.



Fotografía de los Observatorios Monte Wilson-Palomar



La superficie granulada de la Luna en la región de su Polo Sur.

Cuando los visitantes de la Tierra escalen uno de los altísimos picos de la Luna verán las montañas y los profundos cañones, que serpentean en todas direcciones.

A los obscuros desiertos de polvo se les llama "mares" porque hace varios siglos los astrónomos creían que, en realidad, eran mares.

Unas dos terceras partes de la Luna visibles desde la Tierra están formadas por regiones montañosas. Una de las características más notables de la superficie lunar es la que presentan las llanuras amuralladas —altiplanos altísimos, que como las murallas de una fortaleza, rodean inmensos hoyos o cráteres. No sabemos cuál es el origen de estos cráteres, pero algunos astrónomos creen que hubo una época en la que la Luna fue bombardeada por meteoros. Se supone que al caer cada me-

teoro en la superficie de la Luna su tremenda explosión formó un enorme cráter.

Otros astrónomos creen que hace siglos de siglos la Luna tenía un corteza delgada que cubría sus hirvientes entrañas. Según esos astrónomos, al salir a la superficie esa materia hirviente, produjo enormes agujeros en la Luna. Cuando, por fin, la costra alrededor de los hoyos se volvió tan gruesa que la materia hirviente ya no podía salir, quedaron los cráteres.

Durante el día los rayos lunares calientan la superficie de la Luna, y la temperatura alcanza a 127°C. Los astronautas eligieron para su descenso un sitio donde acababa de terminar la larga noche lunar y comenzaba un nuevo día. Así evitaron tanto el extremo calor como el intenso frío que reina desde la puesta del Sol y llega a 150°C bajo cero. Antes que los afectaran los rayos solares, penetraron en el módulo lunar Aguila y regresaron a la Tierra.

En un futuro próximo se instalarán bases lunares permanentes, bien aisladas o subterráneas a fin de eludir esas temperaturas insoportables. Entonces la misma Luna servirá de estación espacial, y las naves interplanetarias se abastecerán en ella. Desde nuestro satélite los astrónomos podrán observar el cielo sin el velo de la atmósfera, y sin duda descubrirán muchas cosas nuevas en él.

El Sol

Las estrellas están formadas por gases tan calientes que brillan con luz propia —no reflejada, como en el caso de la Luna. El firmamento tiene miles de estrellas que podemos ver fácilmente y muchos millones más que sólo podemos ver con telescopio.

La estrella más cercana es nuestro propio Sol. La Tierra gira alrededor de él, lo mismo que otros ocho globos celestes. Esos globos, junto con nuestra Tierra, se llaman planetas, palabra derivada del griego y que significa "errantes". Los planetas, el Sol y otros cuerpos celestes forman nuestro sistema solar. No podríamos vivir sin el Sol que nos da calor, luz y energía.

Sin embargo, el Sol no es más que una estrella de tamaño mediano ni muy grande, ni muy luminosa. Para nosotros es más brillante que cualquiera otro cuerpo celeste, porque se encuentra relativamente cerca de la Tierra. La siguiente estrella más próxima está unas 300,000 veces más lejos de nosotros que el Sol. La luz del Sol llega a la Tierra en unos ocho minutos, pero la de otros astros tarda siglos. La de Rigel, una de las estrellas más luminosas del firmamento, empezó su viaje hacia nosotros hace unos 540 años, antes de que Colón hiciera su primer viaje de descubrimiento.

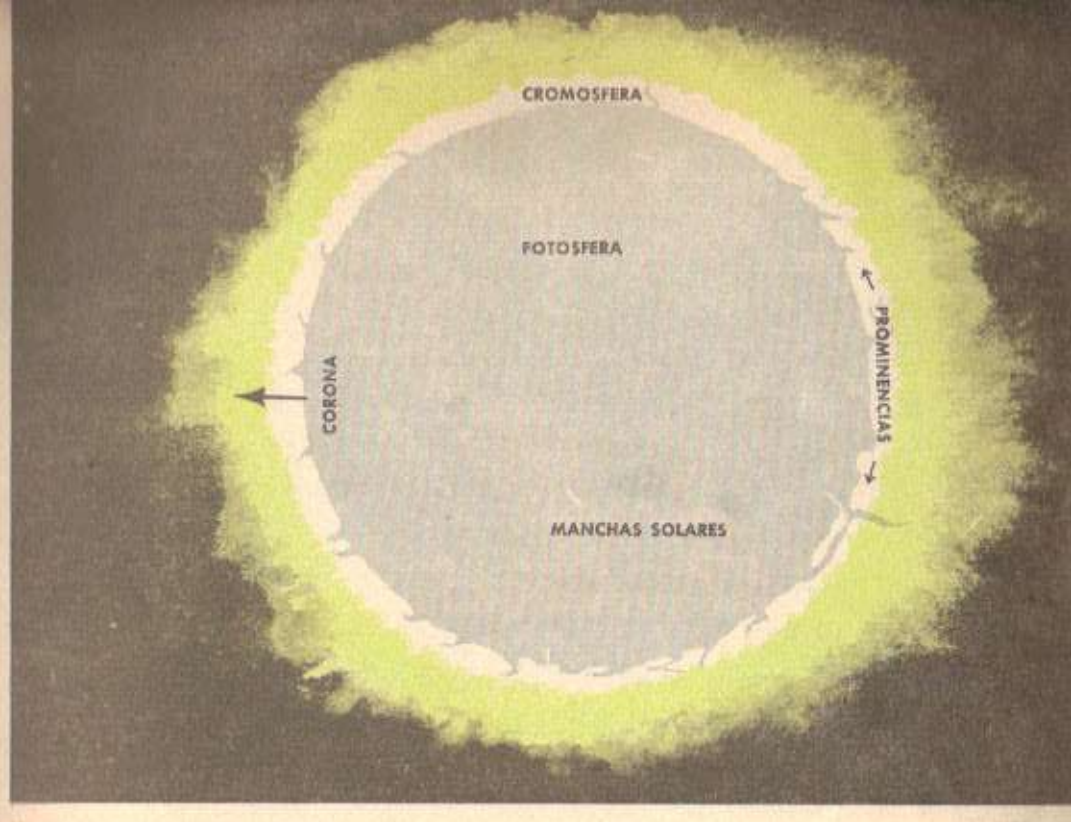
Sólo una dos milmillonésima parte de la luz del Sol llega a la Tierra. El resto se pierde en el espacio. Sin

embargo, la energía que la Tierra recibe basta para permitir que haya vida. Hasta donde sabemos, la Tierra es el único planeta del Sol que tiene las condiciones que los seres humanos necesitan para poder vivir.

El Sol es más de un millón de veces mayor que la Tierra y pesa 330,000 veces más que nuestro planeta. Su diámetro es de 1.390,000 kilómetros, casi 110 veces mayor que el de la Tierra. A causa de su enorme masa, la fuerza de gravitación del Sol es muy superior a la de cualquiera de los cuerpos que giran en su derredor.

El Sol es una bola gigantesca formada por gases sumamente calientes — hidrógeno y helio, principalmente, pero también gases de hierro y otros metales, a temperaturas más altas que las de cualquier horno de fundición. Cuando observamos el Sol al mediodía, a través de un cristal ahumado, parece ser un disco plano y encendido. Pero cuando los astrónomos estudian el Sol a través de telescopios especiales ven una bola luminosa, con nubes de gas y vapor flameante. El disco tranquilo que vemos a través del cristal ahumado, en realidad es un globo lleno de violentas tempestades.

Las nubes y gases más altos forman la atmósfera del Sol. La luz solar que nos llega procede de una capa más baja y más caliente, llamada fotosfera que tiene un espesor de varios miles de kilómetros, con una temperatura superficial de más de 6,000 grados C. La luz de la



Partes del Sol.

fotosfera atraviesa todas las capas superiores. Estas capas probablemente tienen un espesor de varios miles de kilómetros.

La fotosfera es el fondo blanco contra el cual los astrónomos ven las demás partes visibles del Sol. En el sector central del globo solar se ven manchas redondas o como salpicones de tinta, en pares o en grupos mayores. Esas manchas solares, son en realidad inmensos remolinos causados por tormentas magnéticas. Al moverse de este a oeste, algunas de las manchas desaparecen y

otras se van formando. Los astrónomos han notado que el número mayor de manchas solares que se observan en la fotosfera aparecen cada once años, y el número menor, a la mitad de ese período de once años. A veces transcurren varias semanas sin que se vea una sola mancha y en otras ocasiones se pueden contar más de trescientas.

Observando el movimiento de las manchas, los astrónomos han descubierto cómo gira el Sol. Este gira sobre su eje, lo mismo que la Tierra. Pero la Tierra gira de una sola pieza. En cambio, el Sol gira en forma muy extraña. Su ecuador gira más aprisa que el resto del globo. Hacia cada polo, se va prolongando el tiempo de evolución y en los polos el Sol da una vuelta cada treinta y cuatro días.

Infinitas cosas se han atribuido a las manchas solares, pero nadie sabe mucho acerca del efecto que tienen sobre la Tierra. Sabemos que cuando hay muchas manchas en el Sol, ocurren en la Tierra tormentas magnéticas que provocan líneas zigzagueantes en las pantallas de televisión, estática en los receptores de radio y luminosas auroras boreales.

Además de las manchas, a menudo hay en el Sol otros puntos o jirones luminosos, que sobresalen en la relumbrante fotosfera. Se los llama fáculas y aparecen poco antes de formarse una mancha solar.

Fotografía de las Observaciones Solares Yerkes

Prominencia activa del Sol, a unos 225,000 kilómetros de altura.

Si pudiésemos tender una cortina sobre la relumbrante fotosfera y tapar su luz, podríamos ver otras partes exteriores del Sol. La Luna hace las veces de esa cortina cuando borra la fotosfera durante un eclipse solar. Vemos entonces la cromosfera, que nos muestra un anillo rojo alrededor del disco del Sol obscurecido por el eclipse. De ese disco salen flameantes lenguas de gas, llamadas protuberancias, que se elevan en el espacio a centenares de miles de kilómetros.

Cuando ocurre un eclipse total del Sol, los astrónomos siempre tienen esperanzas de que haya buen tiempo para poder ver uno de los espectáculos más her-

mosos del Universo: la corona blanca del Sol. En un eclipse, se ve durante unos cuantos minutos cómo esa gran envoltura de gas se asoma por todos lados.

Los gases calientes del Sol y de otras estrellas generalmente los ve el ojo humano como una luz blanca. Los astrónomos, sin embargo, han descubierto muchas cosas empleando un instrumento llamado espectroscopio que separa la luz blanca en los colores del arco iris. A esa gama de tonos se la llama espectro. Puesto que cada elemento químico que hay en las estrellas produce un espectro propio, con la ayuda del espectroscopio se puede saber qué elementos químicos hay en el Sol y en otras estrellas.

La edad de una estrella puede descubrirse determinando la cantidad de hidrógeno y de helio que hay en ella. Las estrellas nuevas tienen grandes cantidades de hidrógeno. Las estrellas viejas tienen poco hidrógeno y mucho helio. Nuestro Sol es una estrella nueva. Sabemos que aún le queda más del 70 por ciento de su hidrógeno, y parece tener una edad de 4,000 a 5,000 millones de años. Los astrónomos creen que el Sol tiene suficiente hidrógeno para durar al menos otros 10,000 millones de años. O tal vez 50,000 millones. El Sol podrá mantener su temperatura mientras tenga hidrógeno. Cuando le falte hidrógeno se convertirá en una masa fría que vagará por el espacio.

Los Vecinos de la Familia Solar

Los otros ocho planetas giran en torno del Sol casi de la misma manera que la Tierra. También como la Tierra, todos los demás planetas obtienen luz y calor del Sol y reflejan los rayos solares. Al girar alrededor del Sol, todos siguen la misma dirección: vistos desde un punto por encima del Polo Norte, van en dirección opuesta a la de las manecillas del reloj.

En lo anterior, los nueve planetas son semejantes, pero en muchos otros aspectos son diferentes. Los planetas que están más próximos al Sol que la Tierra, arden bajo los intensos rayos solares; otros, más alejados del Sol que la Tierra, son muy fríos. Unos giran sobre su eje rápidamente; otros casi no giran. Unos son mucho más grandes que la Tierra; otros no llegan siquiera a su tamaño. Ciertos planetas tienen muchos satélites que giran en su torno; otros, no tienen satélites. La tabla que aparece más adelante suministra datos precisos acerca del tamaño del sistema solar y de sus planetas.

Mercurio

Mercurio, el más pequeño de los planetas, es el que está más próximo al Sol, y por eso recibe siete veces más luz solar que la Tierra. Tarda 88 días en describir su órbita. Antes se creía que durante ella giraba sólo una vez sobre sí mismo, pero ahora se sabe que lo hace cada 58,6 días.

Si un hombre que pesase 100 kilos llegara a Mercurio, en ese planeta pesaría sólo 27 kilos, ya que Mercurio es tan pequeño que tiene sólo la cuarta parte de la fuerza de gravedad de la Tierra. Puesto que tiene tan poca gravitación, Mercurio probablemente no posee casi nada de atmósfera que lo proteja de los rayos direc-

Mercurio tiene fases, como la Luna

tos del Sol. Por eso el calor en ese planeta es intenso. En la parte de su superficie que recibe la luz solar se han descubierto unas cuantas marcas leves. Allí la temperatura asciende a 370°C, mientras en el hemisferio sumido en la oscuridad baja a 240°C bajo cero. Sin embargo se supone que entre sus zonas de luz y sombra existe una faja crepuscular en la cual las temperaturas no son extremas.

Debido a que la órbita de Mercurio se halla entre la Tierra y el Sol, ese planeta tiene fases como la Luna. Nunca vemos su disco entero, porque su cara luminosa mira hacia nosotros sólo cuando el astro se encuentra al otro lado del Sol. Al aproximarse a la Tierra lo distinguimos en forma de media luna. Esta disminuye cada vez más, hasta desaparecer por completo al pasar Mercurio entre la Tierra y el Sol, pues entonces nos muestra su cara oscura. Sólo se lo ve como un punto al cruzar frente al Sol.

Venus tiene fases.

Venus

Venus gira en torno al Sol, entre Mercurio y la Tierra y, al igual que Mercurio, muestra todas sus fases. De todos los planetas es el que describe el círculo más perfecto en el espacio.

Con excepción del Sol y de la Luna, Venus es el cuerpo celeste más luminoso del firmamento. A veces se lo puede ver de día, si el cielo está limpio de nubes y se protege uno la vista de los rayos directos del Sol. El planeta mismo está envuelto en espesas capas blancas de atmósfera, y sólo en 1975 se pudo observar su superficie cuando las sondas Venera 9 y Venera 10 descendieron en el planeta y enviaron las primeras fotografías. Venus da una vuelta sobre sí mismo cada 243 días.

Las sondas espaciales confirmaron que la atmósfera de Venus está compuesta casi totalmente por anhídrido carbónico, y midieron temperaturas de más de 450°C en la superficie. Existe poca diferencia entre las temperaturas en el ecuador y en los polos del planeta. La presión atmosférica es 95 veces superior a la de la Tierra.

A tales temperaturas, algunos metales como el plomo, el estaño, el aluminio, el cinc y el magnesio, de existir en ese planeta, estarían derretidos.

En opinión de algunos astrónomos, las nubes amarillentas de Venus están formadas por pequeñísimas partículas de arena que han sido elevadas por las tormentas, en remolinos, desde su superficie. Se supone que esos remolinos suelen adquirir gran intensidad y desgarrar las nubes. Este fenómeno explicaría las marcas que a veces aparecen en la atmósfera del planeta.

Poco sabemos todavía de Venus, y las condiciones adversas para la vida humana que parecen reinar allí demorarán el envío de un vehículo espacial tripulado.

Marte

Marte y la Tierra se asemejan en ciertas cosas. Ese planeta gira también sobre su propio eje, y emplea en hacerlo 24 horas y 37 minutos. La temperatura varía desde 50°C bajo cero en los polos a 25°C en el ecuador. Pero su diámetro es de sólo 6.784 kilómetros, o sea apenas algo más de la mitad del de la Tierra. Su escasa fuerza de gravedad (tres octavos de la terrestre) únicamente le permite retener una atmósfera muy tenue. Hay nubes, aunque con seguridad no se produce lluvia.

El visitante no vería en Marte ni océanos ni ríos

Fotografía de Marte tomada por la sonda Vikingo 1.

ni lagos. Nunca se han observado en Marte grandes extensiones de agua. Su atmósfera no parece contener vapor de agua. Puesto que la órbita de Marte es más bien elíptica, su distancia del Sol varía mucho en diferentes épocas. Como resultado de ello, el verano marciano en el hemisferio sur es más caliente y el invierno más frío que en el hemisferio norte.

Desde Marte, el hombre veria dos pequeños satélites. El descubridor de esas dos lunas, Asaph Hall, les puso los nombres de los hijos de Marte, dios mitológico de la guerra. Deimos es la luna más pequeña de Marte. Gira en torno de Marte en 30 horas 18 minutos. Fobos,

la otra luna, gira en torno a Marte en sólo 7-½ horas.

En Marte, el hombre observaría el cambio de las estaciones. Las zonas oscuras que los astrónomos ven desde la Tierra cambian de verde, en el invierno, a azul, a principios del verano, y ya avanzado el verano son pardas o rojizas. El visitante encontraría muchas rocas de diversos tamaños que se encuentran rodeadas de arena. Vería desiertos, mucho más grandes que nuestro desierto del Sahara, que aparecen en el telescopio como manchas rojizas. Posiblemente el tono rojizo provenga de roca ferrosa, como la que tal vez haya en Nix Olímpica, la montaña más elevada de Marte, cuya altura se calcula entre 1,800 y 2,700 metros y que tiene un gigantesco cráter.

¿Hay vida animal en Marte? ¿Hay seres que se adapten al clima frío, que consuman poca agua y que puedan vivir en él? Hace ya muchos años el astrónomo italiano Schiaparelli creyó ver líneas a las cuales llamó canales. Otros astrónomos confirmaron la observación, entre ellos el norteamericano Percival Lowell, quien dedicó su vida al estudio del planeta, y llegó a suponer que esos canales eran obra de seres inteligentes que los habían abierto para llevar agua desde los casquetes polares a las zonas de cultivo. Pero las fotografías obtenidas por cohetes no tripulados que llegaron cerca del planeta sólo revelan grandes cráteres semejantes a los de la Luna y

enormes extensiones llanas mayores que desierto alguno de la Tierra, así como también montañas escarpadas como no las hay en ella, y ni seña de canales. Se cree ahora que éstos fueron una ilusión óptica producida por una serie de cráteres alineados. Las pruebas de las sondas Vikingo que descendieron en Marte indican que no hay aire ni agua, y tampoco vida animal.

Probablemente antes de terminar este siglo se enviará un vehículo espacial tripulado a ese planeta, y entonces se aclararán muchos misterios.

Los Asteroides

Más retirados del Sol que Marte se encuentran los asteroides, o "planetas pequeños". Son trozos de roca cuyas órbitas se encuentran dispersas en el espacio, casi todas entre Marte y Júpiter. Pero algunos asteroides se acercan al Sol hasta las proximidades de la órbita de Mercurio y otros se alejan hasta aproximarse a la órbita de Saturno. Todos, al igual que los planetas mayores, giran alrededor del Sol en la misma dirección. Algunos asteroides tienen casi la cuarta parte de la masa de la Luna; otros son del tamaño de una roca grande.

A causa de que los asteroides tienen superficies irregulares y carcomidas, reflejan los rayos del Sol en ángulos muy distintos y en diferente intensidad. Por eso parece variar la luminosidad de los asteroides en

Júpiter tiene franjas de gas venenoso y una mancha gigantesca

unas cuantas horas. Nadie sabe cómo se formaron. Posiblemente sean los fragmentos de dos planetas pequeños que chocaron. O tal vez sean lo que queda de uno o más planetas que no llegaron a formarse.

Júpiter

Más lejos aún del Sol se encuentran los grandes planetas —Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno— y todavía más apartado está Plutón.

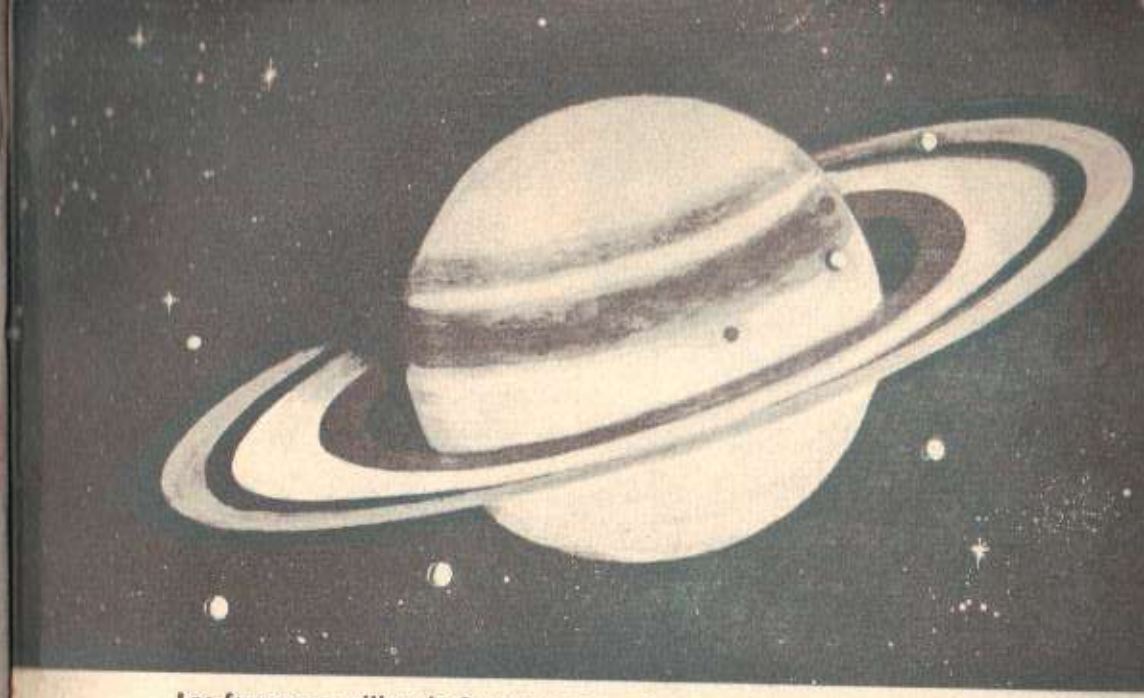
El nombre de Júpiter corresponde al dios supremo de los antiguos romanos, y en nuestro sistema solar, por su masa y su tamaño es el dios supremo de los otros ocho planetas combinados y su fuerza de gravedad es

tremenda. Una persona que en la Tierra pesa 50 kilos, en Júpiter pesaría 133.

Ese planeta se mueve con lentitud por el espacio y necesita más de once años de los nuestros para dar una vuelta completa alrededor del Sol. En el telescopio aparece como un disco blanco y luminoso, achatado en sus polos e hinchado en su región ecuatorial. Esa forma obedece a su rápida rotación —gira sobre su eje en menos de diez horas. Alrededor de Júpiter se ven franjas de tonos pardo pálido, canela, verde y gris. Son nubes de gases venenosos.

A causa de que Júpiter está tan distante del Sol (777.64 millones de kilómetros) podría pensarse que su temperatura es muy baja. Sin embargo, esto ocurre sólo en la parte superior de la atmósfera donde existe un torbellino de gases muy fríos. Unos cientos de kilómetros más abajo la temperatura puede ascender hasta 1000°C.

Júpiter tiene trece satélites —cuatro de ellos tan grandes como nuestra Luna. Los nueve satélites más próximos a Júpiter se mueven en la dirección ordinaria de casi todos los satélites o sea contraria a la dirección de las manecillas del reloj, viendo hacia abajo, desde por encima del Polo Norte. Los cuatro más alejados se mueven en la dirección opuesta y se encuentran a unos 24 millones de kilómetros de Júpiter.



Los famosos anillos de Saturno se pueden ver con un telescopio

En 1878 repentinamente llamó la atención una gran mancha roja en la superficie de Júpiter. No tardó la mancha en subir de color y en disminuir su movimiento en relación con la rápida rotación del resto del planeta. La causa de esa mancha sigue siendo un misterio.

Saturno

El planeta que sigue a Júpiter es Saturno, tanto en su posición como en su tamaño. Gira tan rápidamente —una vuelta completa sobre su eje en poco más de 10 horas— que, al igual que Júpiter, se ensancha en el ecuador y se achata en los polos. Pero avanza por el espa-

cio con lentitud y necesita 29 de nuestros años para darle la vuelta al Sol.

Lo mismo que Júpiter, Saturno tiene nubes espesas que cubren su superficie. Esas nubes tendrán un espesor de varios miles de kilómetros. Su temperatura se asemeja mucho a la de Júpiter: unos 150°C bajo cero.

Se conocen diez satélites de Saturno, todos de tamaño distinto. El más grande, llamado Titán, es mayor que nuestra Luna. El más alejado de Saturno, llamado Febe, gira en dirección opuesta a los demás.

Los famosos anillos de Saturno pueden verse con un telescopio pequeño. Los astrónomos convienen en que esos anillos son uno de los espectáculos más hermosos del sistema solar. Hay dos anillos brillantes, aplanados, separados por una franja negra. Dentro de esos anillos brillantes se encuentra otro anillo sutil, llamado "anillo de crespón".

Los astrónomos creen que los anillos están formados por muchos millones de partículas sólidas, cuyo tamaño varía desde briznas más pequeñas que un grano de arena hasta pedazos del tamaño de un guijarro. Esos fragmentos de piedra y hielo giran por encima del ecuador de Saturno. A causa de que el eje de Saturno se inclina hacia el plano de la órbita terrestre, a veces los anillos están de canto y entonces son invisibles desde la Tierra.

LA TIERRA

URANO

Urano pesa quince veces más que la Tierra.

Urano y Neptuno

En la antigüedad Saturno era el más alejado de los planetas conocidos. Ahora sabemos que hay otros tres planetas más distantes: Urano, Neptuno y Plutón.

Urano fue visto por primera vez en 1781 por Guillermo Herschel, músico convertido en astrónomo.

Después, los astrónomos comprendieron que había descubierto el primer planeta que puede verse únicamente con telescopio.

Aunque Urano pesa quince veces más que la Tierra, no parece luminoso porque se halla muy alejado del Sol —2,868.67 millones de kilómetros. No se notan en la superficie de Urano señales muy marcadas, pero los astrónomos han descubierto que gira sobre su eje en unas 10-3/4 horas. ¡Tiene Urano un día de 10 horas y un año equivalente a 84 de los nuestros!

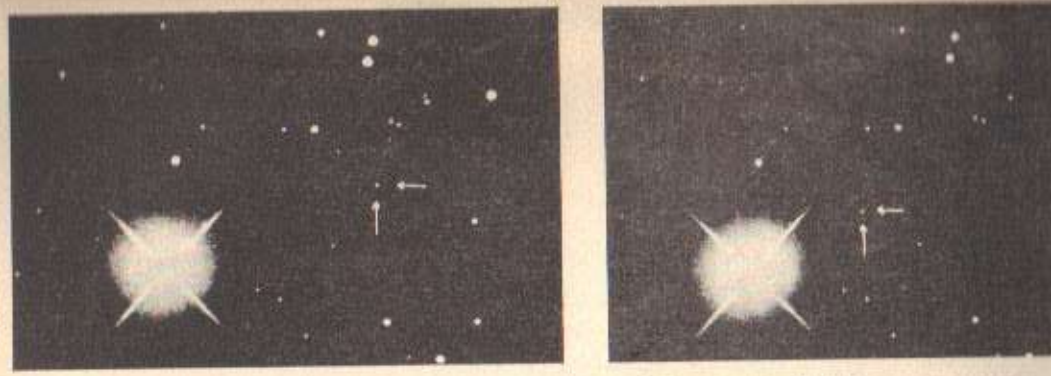
Urano tiene cinco lunas, cuyos diámetros varían entre 320 y 1,600 kilómetros.

Al comparar las posiciones de Urano, año tras año, se descubrió que su órbita no era exactamente la calculada. Los astrónomos empezaron a sospechar que, además del Sol, otra fuerza influía en el planeta. Un inglés joven, llamado Juan C. Adams, se propuso descubrir qué era lo que atraía a Urano. En 1845 informó al director del Observatorio Real de Inglaterra en qué lugar del firmamento debía buscar un nuevo planeta, más allá de Urano. Nadie prestó mucha atención a lo que Adams decía. Entretanto, otro joven, el francés Urbano Leverrier, trataba de resolver el mismo problema. Utilizando sus cálculos, se observó un nuevo planeta en 1846. Así pues, se atribuyó a Leverrier el descubrimiento de Neptuno.

Neptuno no puede ser observado sin telescopio, y se sabe poco acerca de él. Se encuentra a casi 4,500 millones de kilómetros del Sol; su día es casi de 16 horas y necesita 165 años terrestres para completar una revolución alrededor del Sol. Aparecen en la tabla (página 121) otros datos acerca de este planeta.

Plutón

Después de observar los movimientos de Neptuno, algunos astrónomos concluyeron que había otro planeta no descubierto en nuestro sistema solar. A principios del siglo, Percival Lowell, astrónomo norteamericano,



Cortesía del Observatorio de Lowell

Plutón fue descubierto en 1930 por casualidad

empezó a buscarlo. Veinticinco años después, cuando Lowell ya había muerto, su observatorio anunció que había descubierto el planeta. Día tras día se estudiaban los minúsculos puntos producidos por las estrellas en muchos miles de negativos fotográficos. Había que comprobar que ninguno de esos puntos se había movido en el intervalo transcurrido entre una fotografía y otra. Por fin, cierto día, se compararon dos placas fotográficas. Uno de los puntos se había movido. El 13 de marzo de 1930, aniversario del nacimiento de Lowell se hizo el anuncio del descubrimiento. Se dio al planeta el nombre de Plutón, cuyas dos primeras letras corresponden a las iniciales de Percival Lowell.

Plutón se encuentra unas cuarenta veces más apartado del Sol que la Tierra y su temperatura es tremendamente baja — probablemente alrededor de 185°C. bajo cero. Se han hecho diversos cálculos acerca del diámetro de Plutón, y se cree que es de unos 5,900 kilómetros y que pesa la décima parte de la Tierra.

CARACTERISTICAS DE LOS PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR

	Mercurio	*Venus*	*La Tierra*
Distancia media del Sol (en millones de kilómetros)	57.9	108.1	149.6
Período de revolución en torno al Sol (Duración del año del planeta)	87.97 días	224.7 días	365.25 días
Velocidad orbital (kilómetros por segundo)	47.8	35.4	29.8
Diámetro (en kilómetros)	4,870	12.150	12,755
Masa (en comparación con la masa de la Tierra = 1)	.053	.815	1.0
Gravitación en la superficie (en comparación con la gravitación terrestre = 1)	0.37	0.865	1.0
Número conocido de satélites	0	0	1
Período de rotación (Duración del día del planeta)	58.6 días	243 días	24 horas
Temperatura diurna media	370°C	327°C	21°C
Velocidad de escape (la necesaria para que un objeto se sustraiga de la gravedad) Kms. por segundo	4.60	10.5	11.3

Marte	*Júpiter*	*Saturno*	*Urano*	*Neptuno*	*Plutón*
227.99	777.63	1,427.00	2,868.84	4,497.79	5,905.03
687.0 días	11.9 años	29.5 años	84 años	165 años	248 años
35.20	13.03	9.66	6.76	5.31	4.76
6,784	142,702	119,224	47,466	44,569	6,760
.107	318	95.0	14.5	17.2	0.1 (?)
0.38	2.65	1.17	0.91	1.12	0.6
2	13	10	5	2	1
24 hrs. 37 min.	9 hrs. 50 min.	10 hrs. 14 min.	10 hrs. 45 min.	15 hrs 48 min.	6 días
-13°C	?	-151°C	?	-165°C	-185°C
4.98	61.14	37	20.9	22.5	5.3

Cortesía del Observatorio de Yerkes

Los meteoros cruzan el firmamento, como ráfagas luminosas.

Meteoros y Meteoritos

Los habitantes de la Tierra no necesitaron esperar a que las naves siderales llegasen a otros mundos para tocar algo procedente del espacio.

El meteoro es un fragmento de material rocoso o ferroso que ha caído del cielo. Puede ser tan pequeño como una partícula de polvo, o pesar muchas toneladas. A veces, el meteoro, al chocar contra las partículas de la atmósfera, se calienta más y más, hasta llegar al rojo vivo, luego al blanco y, por último, hasta fundirse, dejando una estela de vapor brillante.

Una que otra vez los meteoros terminan su vertiginoso vuelo y se hunden en la Tierra como objetos sólidos, llamados meteoritos. Entre Winslow y Flagstaff, Arizona, se encuentra el Cráter del Meteoro, inmenso agujero abierto por uno de esos fragmentos caídos del

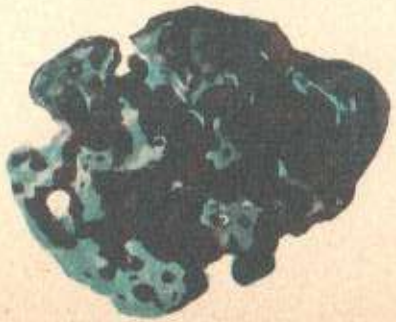
espacio. Algunos creen que el meteorito se encuentra hundido en el centro del agujero. Otros suponen que la explosión fue tan grande, que se convirtió en gas.

En los museos hay muchos miles de meteoritos. El más grande que se conoce lo descubrió el almirante Peary, en Groenlandia. Llevó a los Estados Unidos un meteorito de 34 toneladas que se exhibe en el Museo Americano de Historia Natural, en Nueva York.

Pero quizá hayamos visto y pisado un meteorito, sin saberlo. Casi todo el mundo cree que los meteoritos son rocas enormes, pero algunos de ellos, al estrellarse contra la Tierra, se desintegran y sus partículas parecen guijarros. Los meteoritos generalmente se dividen en tres grupos, según su composición:

1. Los de hierro y níquel.
2. Los de hierro y piedra.
3. Los de piedra exclusivamente. Su aspecto es muy semejante al de las piedras de la superficie terrestre.

Podemos tocar los meteoritos; podemos investigar su composición; podemos clasificarlos. Pero no sabemás aún cómo o en dónde se formaron.

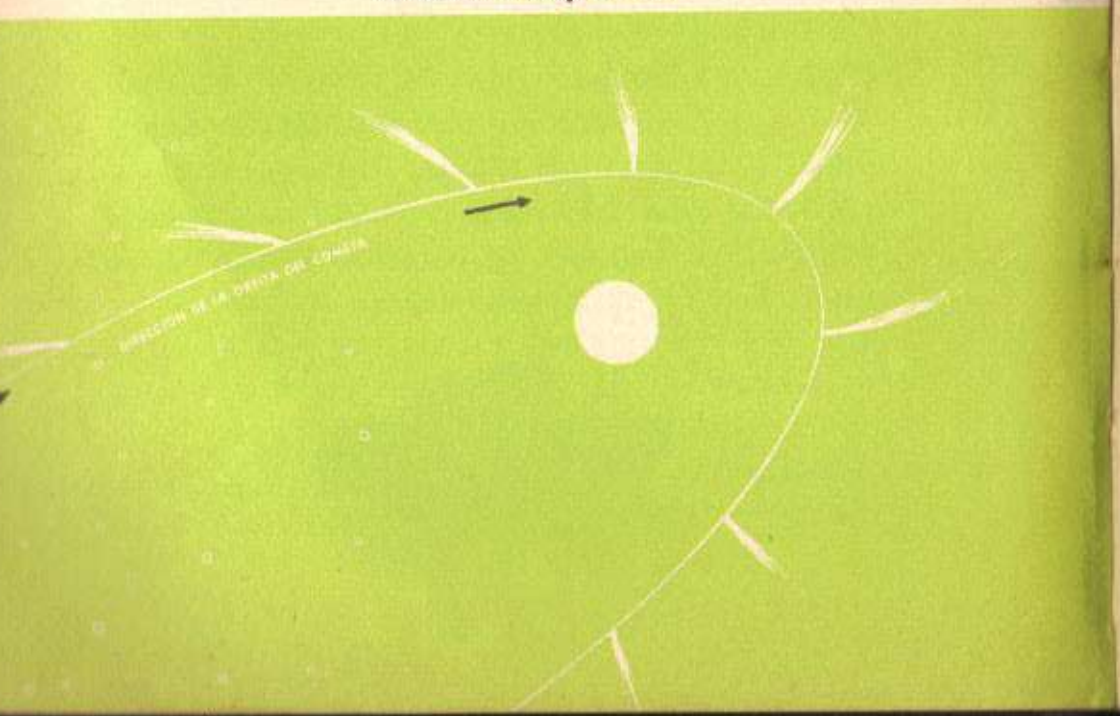


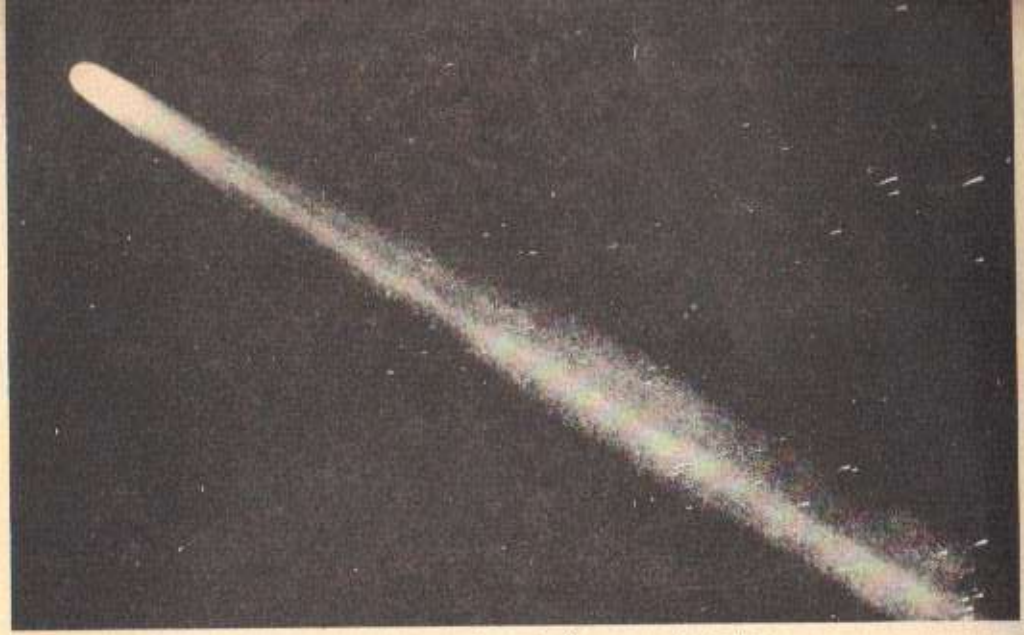
Un meteorito

Además de los nueve planetas y sus satélites, los asteroides y los meteoros, hay otros miembros del sistema solar — los cometas. Parecen ser cuerpos inmensos, formados por gases helados y polvo, que giran en torno al Sol en órbitas muy alargadas, que tienen la forma de un cigarro puro. Al acercarse al Sol forman aureolas de gas, que con frecuencia los siguen como larguísimas caudas, que llegan a tener una longitud de varios millones de kilómetros.

Al acercarse el cometa al Sol, su cauda va detrás. Pero al perderse de nuevo en el espacio, su cauda lo precede, porque en ambos casos los rayos del Sol, que van hacia afuera, presionan contra los gases del cometa.

Al moverse el cometa en su órbita alrededor del Sol, su cauda se aleja de él.





Cortesía del Observatorio de Yerkes

El cometa de Halley, 4 de mayo de 1910.

Miles de cometas giran en enormes órbitas alrededor del Sol, pero en el curso de la vida sólo vemos algunos de ellos en contadas ocasiones. Conocemos la órbita de ciertos de esos cuerpos, por lo que podemos predecir cuándo volverán. El cometa Halley, por ejemplo, debe acercársenos cada 75 ó 76 años. Lo podremos ver de nuevo allá por 1985. Pero muchos otros cometas son vistos inesperadamente y por vez primera. Casi todos los cometas inesperados tienen una órbita tan alargada que se acercan a la Tierra y al Sol solamente una vez cada mil o más años.

Para nosotros, el sistema solar es nuestro barrio y los demás planetas son nuestros vecinos.

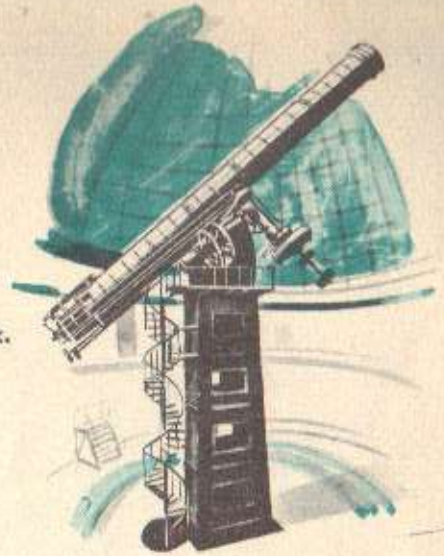
Aunque los consideremos vecinos, las dimensiones y las distancias son tremendas. Pero al referirnos a las estrellas que vemos en el firmamento hablamos de tiempos y distancias tan grandes que son prácticamente imposibles de imaginar. En comparación con ellas, el transcurso de toda una vida es sólo un parpadeo, los siglos pasan más aprisa que un suspiro y miles de años no son más que un segundo.

Cuando hablamos de la distancia que nos separa de las estrellas, los kilómetros no significan nada. Para esas inmensidades del espacio los astrónomos tuvieron que inventar una nueva medida: el año luz. La luz recorre cerca de 10 trillones de kilómetros en un año.

La luz tarda un segundo más o menos en llegar de la Luna a la Tierra.

Necesita más de cuatro años para llegarnos desde Alfa Centauro que, con la excepción del Sol, es la estrella más cercana.

Cuando contemplamos el firmamento en una noche despejada, parece estar cuajado de estrellas. Pero sin telescopio, vemos sólo unas 2,500 estrellas en una



Telescopio del observatorio de Lick.

noche clara y sin Luna. Los astrónomos calculan que con el telescopio refractor de 36 pulgadas del observatorio Lick, en California, se pueden observar en todo el firmamento alrededor de un millón de estrellas. Con el gran telescopio reflector de 200 pulgadas de Monte Palomar, también en California, podemos ver más de mil millones de estrellas y fotografiándolas podemos registrar un número mucho mayor. Las estrellas, cuya luz es tan débil que no se pueden ver a simple vista o con el telescopio, dejan su imagen grabada en la placa fotográfica.

Las estrellas son soles. Cada una de ellas es una inmensa bola de gas, a temperatura tan elevada que despide su propia luz y su propio calor. Las estrellas nos producen la impresión de que parpadean. En realidad, es-

Desde la Tierra se ven las constelaciones del zodíaco

parcen haces continuos de luz. Pero cuando sus rayos llegan a la atmósfera terrestre, se doblan y por eso desde la Tierra parecen parpadear las estrellas.

Los astrónomos de la antigüedad notaron que cada año el Sol parecía seguir el mismo curso de las estrellas. La Luna y los planetas seguían el camino del Sol. A esa faja por la que se movían todos esos cuerpos celestes se le dio el nombre de zodíaco. Se le dividió en doce partes iguales, cada una de ellas con un "signo". Los antiguos creían que esos signos estaban fijos en el firmamento y que los planetas, lo mismo que el Sol y la Luna,

se deslizaban alrededor de ellos, tardándose el Sol un mes en recorrer cada signo. Ahora sabemos que el zodíaco es sólo uno de los intentos hechos por los antiguos para explicar el movimiento de las estrellas.

Pero el zodíaco ha dejado su huella en las cartas celestes. Cada grupo de estrellas lleva el nombre de algo que los antiguos imaginaban ver entre las estrellas: El Borrego, El Toro, La Cabra, Los Peces, El Cangrejo, El León.

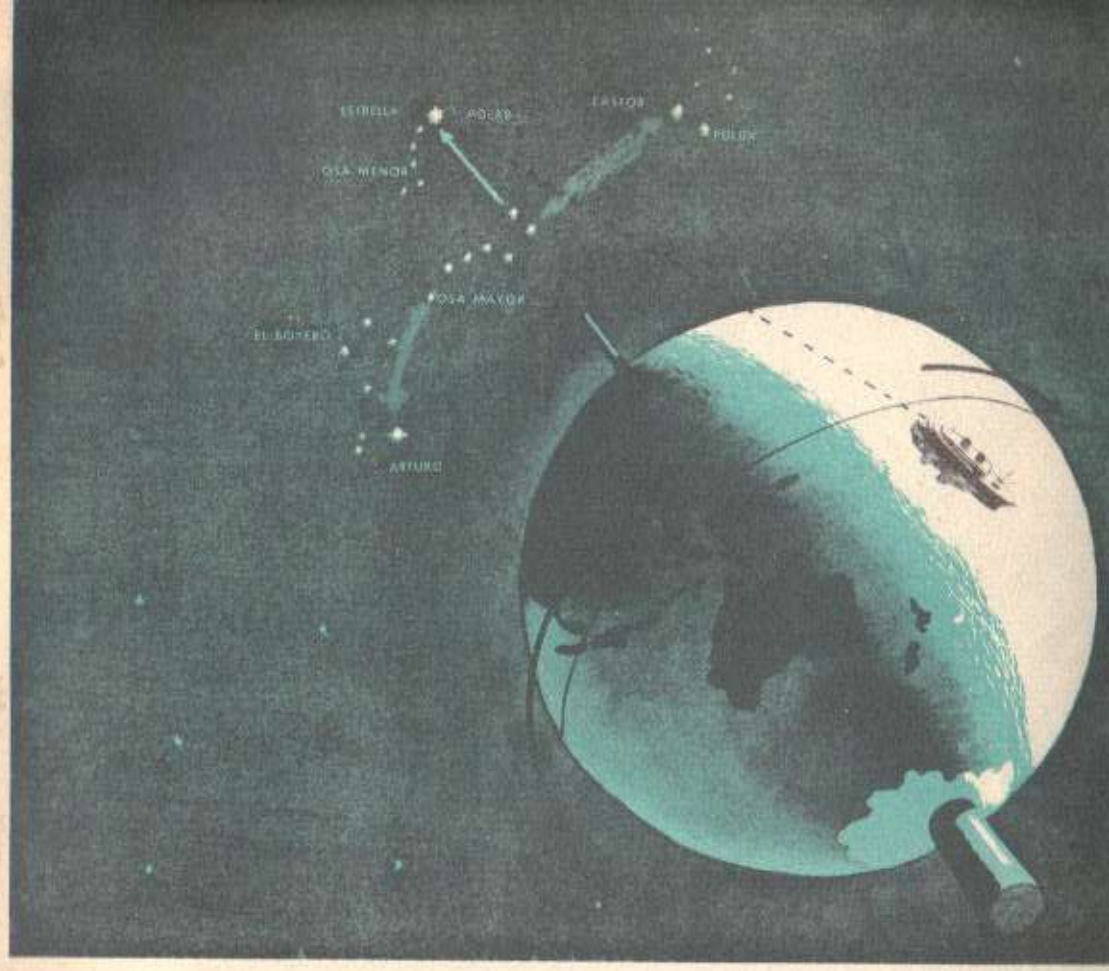
Se necesita imaginación para descubrir las figuras que los antiguos veían entre las estrellas.

Ahora, el firmamento está subdividido en 88 grupos de estrellas, llamadas constelaciones. El estudio de las cartas que aparecen en este libro nos ayudará a conocer las constelaciones del firmamento. (Véase páginas 132-135).

Un buen número de las estrellas tienen nombres propios, como Sirio, Canopo, Rigel, Betelgeuse y Fomalhaut. Pero generalmente los astrónomos señalan las principales estrellas empleando las letras del alfabeto griego. La estrella más brillante de cada grupo, generalmente lleva el nombre de la primera letra del alfabeto griego, o sea alfa. La estrella que le sigue en luminosidad lleva el nombre beta, y así sucesivamente.

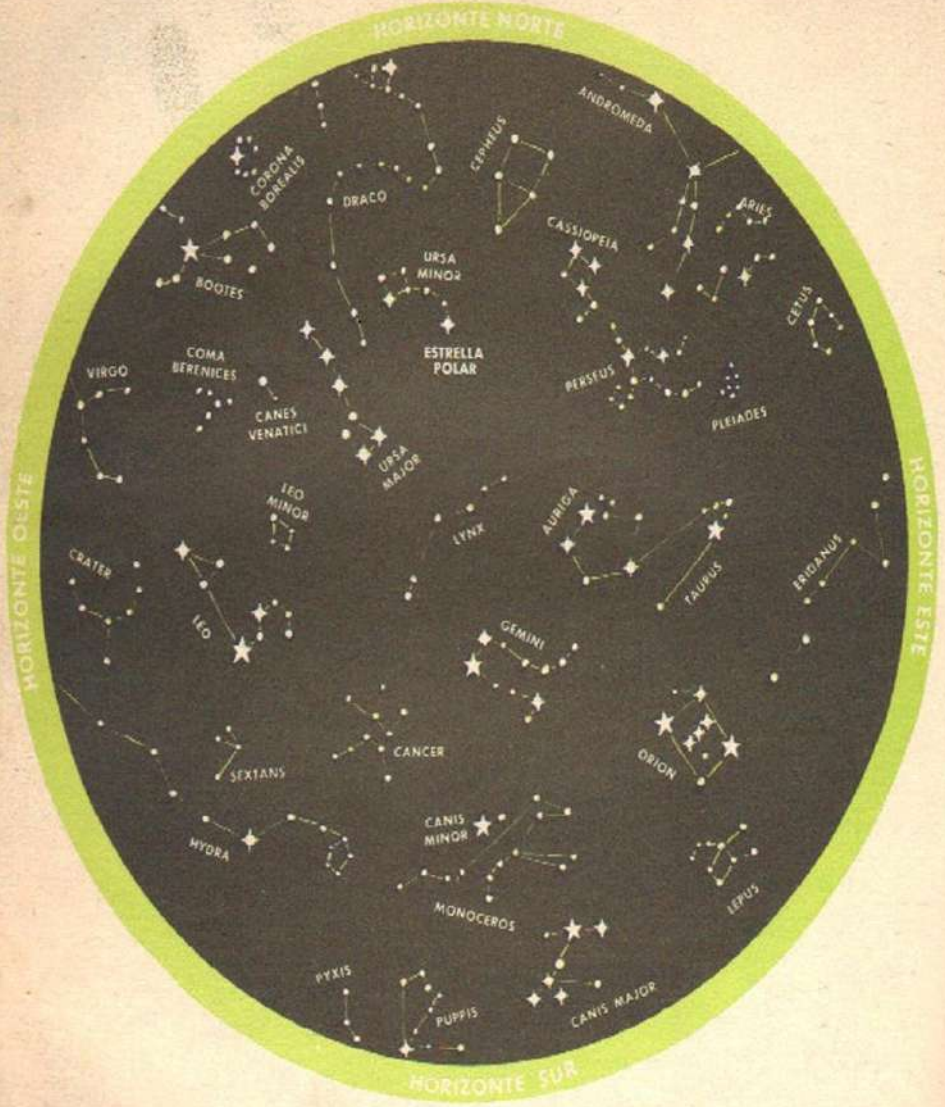
La estrella polar, es la más importante del firmamento boreal. Parece no moverse, aunque, en realidad, traza un pequeño círculo cada 24 horas, cerca del Polo Norte celeste. Las estrellas del hemisferio boreal parecen girar en torno de ella; y mientras más alejada esté otra estrella de la polar, más rápidamente cruza el firmamento cada noche. Ese movimiento aparente lo causa la rotación de la Tierra, como podremos verlo estudiando el dibujo de la página siguiente.

En cualquier noche despejada, podemos encontrar la estrella polar que brilla en la constelación de la Osa Menor. Es la estrella que está en la extremidad de la constelación. Trazando una línea imaginaria a tra-

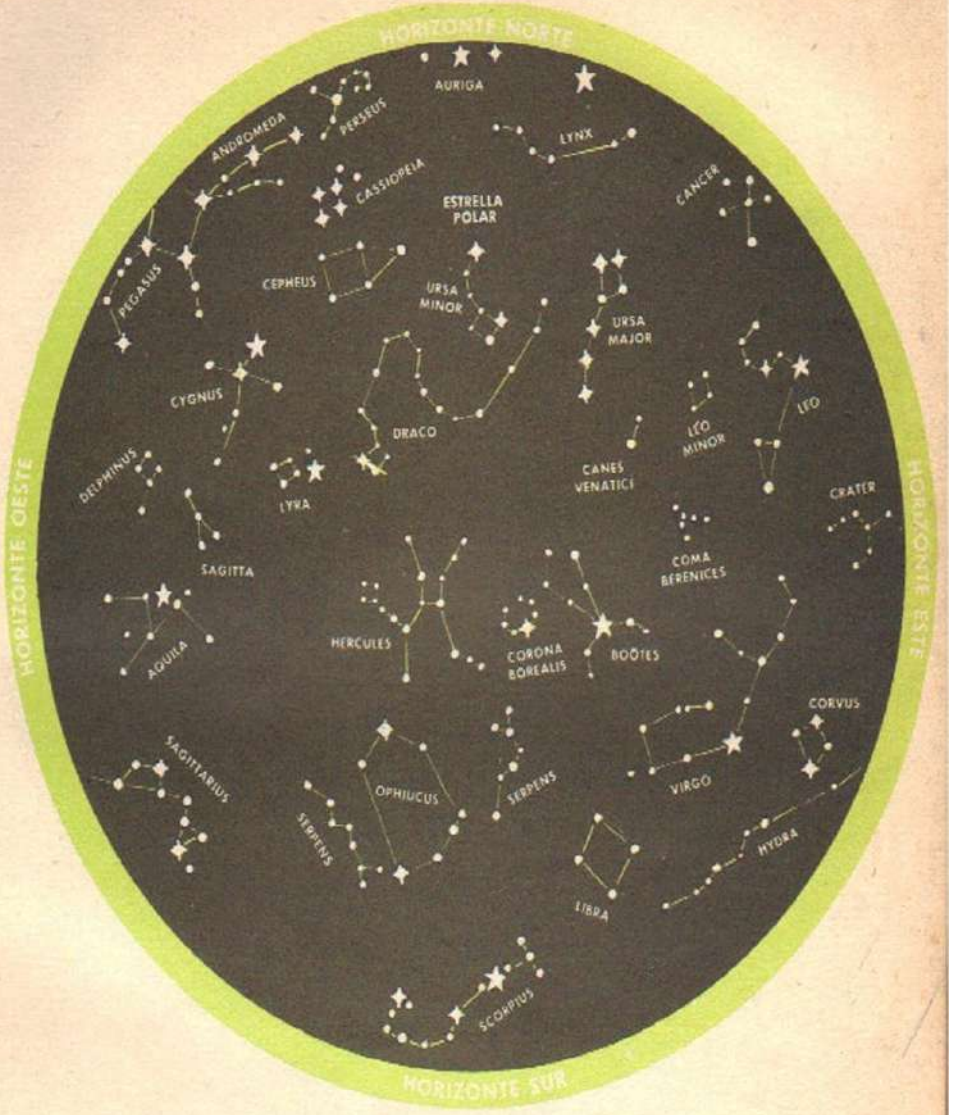


La estrella polar se encuentra casi sobre el Polo Norte. Al girar la Tierra las demás estrellas parecen moverse alrededor de ella

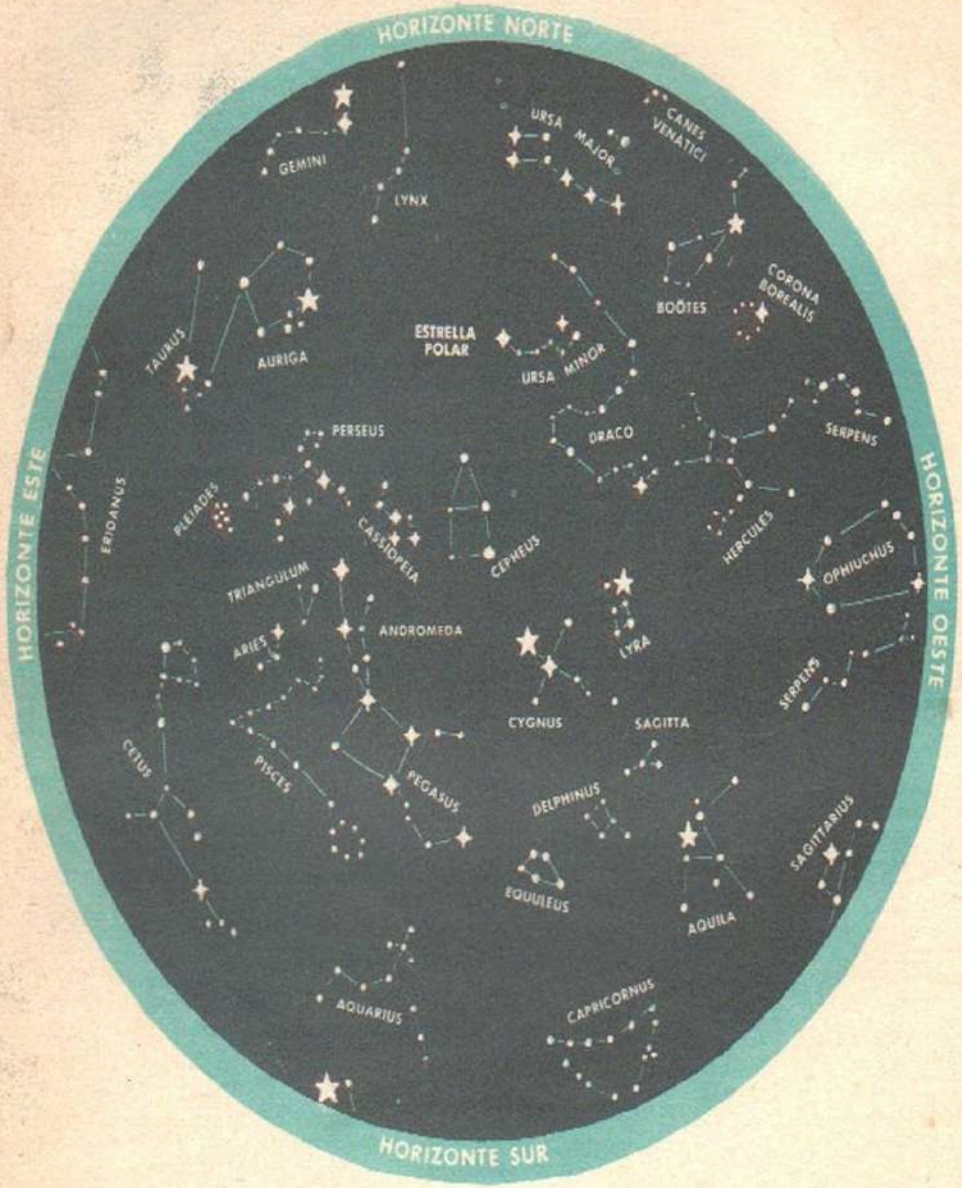
vés de las dos estrellas que encabezan la constelación de la Osa Mayor llegamos a la estrella polar. Del otro lado de la estrella polar encontramos una gran W, formada por cinco estrellas rutilantes, que son las estrellas más luminosas de la constelación de Casiopea.



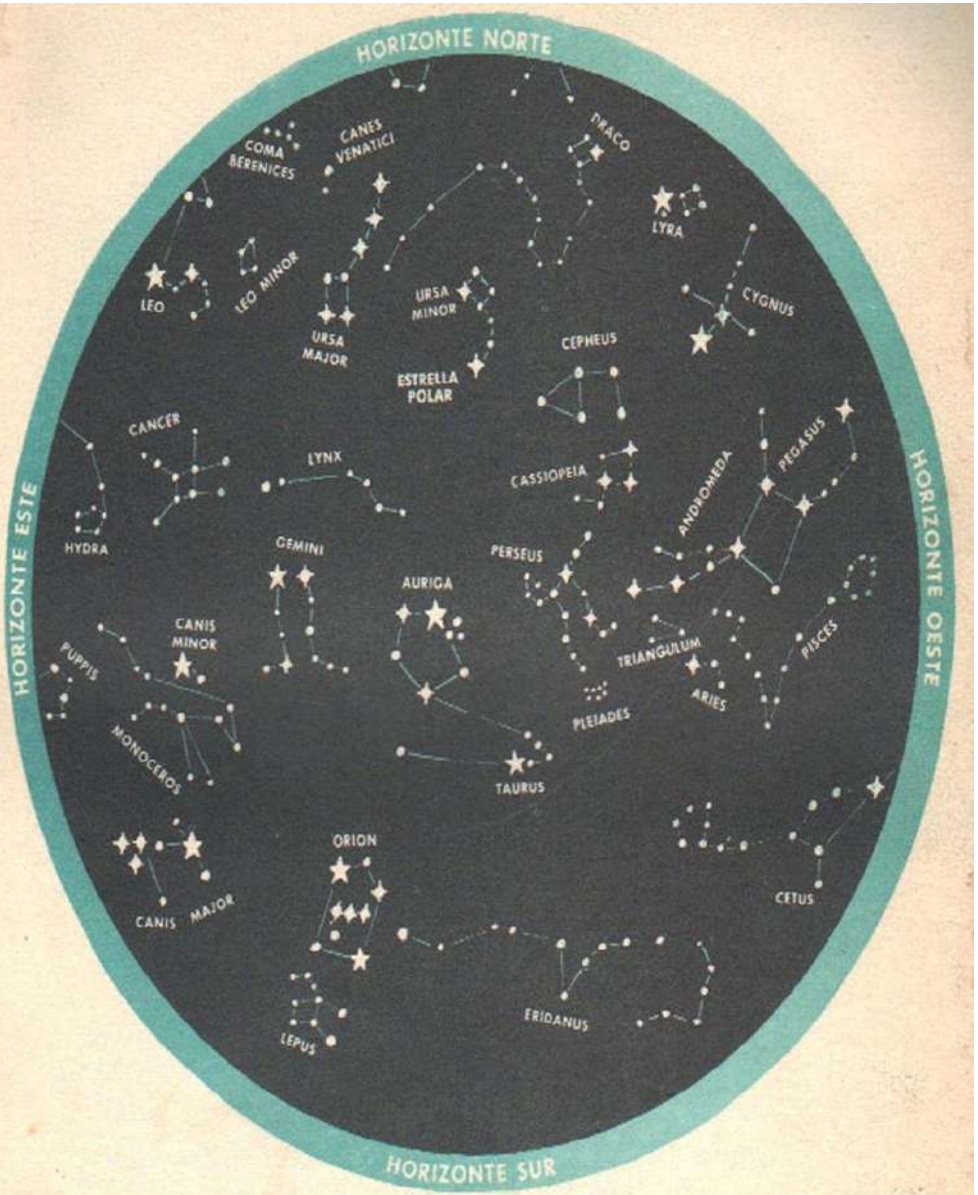
Constelaciones de la primavera, Hemisferio Boreal



Constelaciones del verano, Hemisferio Boreal



Constelaciones del otoño, Hemisferio Boreal



Constelaciones del invierno, Hemisferio Boreal

Fotografía de los Observatorios Monte Wilson-Palomar

La gran nebulosa de Orión, al sur de Zeta Orionis.

Aproximadamente la mitad de toda la materia observable en nuestro sector del firmamento parece hallarse en las estrellas. La otra mitad se halla dispersa, en forma de tenue gas y polvo, entre las estrellas. Los astrónomos se enteraron por diversos medios de la existencia de esa materia intermedia. Cuando se encuentra una zona gaseosa cerca de una estrella muy caliente, el gas

absorbe la luz ultravioleta de la estrella y después la descompone en colores que podemos ver o fotografiar. A este fenómeno se le llama fluorescencia. Entre las muchas nubes de gas que brillan en esa forma, se encuentra la de la gran nebulosa de Orión que brilla a causa de cuatro estrellas próximas de la constelación del Trapecio.

Cuando no hay estrellas próximas que hagan brillar la masa de gas, ésta absorbe la luz de estrellas lejanas. El resultado es entonces una nebulosa oscura.

Casi todas las estrellas se pueden considerar como ordinarias, semejantes a nuestro Sol, pero una entre un millón suele tener un tamaño 15 a 40 veces mayor que el de nuestro Sol y brillar mucho más. Esas estrellas son los supergigantes del firmamento. A causa de su tamaño, consumen su oxígeno mucho más aprisa que las estrellas ordinarias. Cuando agotan su combustible, se van reduciendo lentamente. Al empezar a morir, giran más y más aprisa y despiden torrentes continuos de gas incandescente. A simple vista suele observarse en el firmamento una estrella que brota repentinamente en un lugar en que no parecía haber estrella alguna, o en el que anteriormente sólo brillaba una estrella con una luz muy débil.

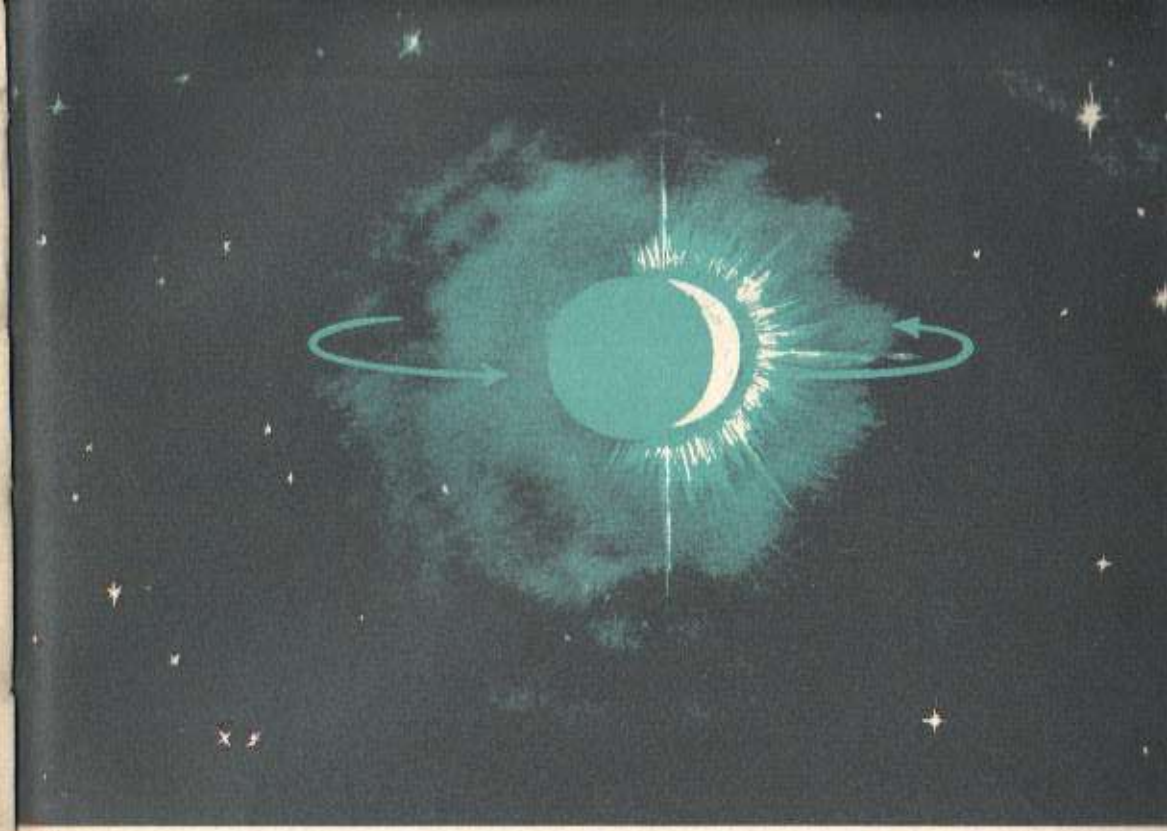
Casi tan aprisa como apareció, la estrella se extingue. A esa clase de estrella los astrónomos dan el nom-

bre de nova, que significa "nueva". Ese nombre se remonta a la época en que no había telescopios y las novas parecían ser en realidad estrellas nuevas. Las supergigantes consumidas estallan muchas veces, como novas. Por último, pierden tanta energía que se enfrían y se convierten en estrellas ordinarias.

Pero una vez cada seis siglos, aproximadamente, se ha observado cómo se consume repentinamente una estrella gigante que gira tan aprisa que se desintegra. A esas estrellas gigantes que estallan se les llama supernovas. Su explosión es muchos millones de veces más grande que la de la bomba de hidrógeno.

Otra clase de estrella que conocemos posiblemente no sea una sola estrella, sino dos o más que están muy próximas entre sí en el espacio. Es casi igualmente probable que la estrella que veamos parpadear en realidad sean dos estrellas, que giran la una en torno de la otra. A esas estrellas dobles se les llama binarias. A veces son tres las estrellas que giran entre sí que presentan el aspecto de una sola estrella. Otras veces son cuatro o más.

Algol, "la estrella demonio" de los árabes, en la constelación de Perseo, es una binaria bien conocida. Casi cada tercer día su luz se reduce, porque otra estrella menos brillante gira en torno suyo y a intervalos obstruye la luz de Algol. A las estrellas de esa clase, cuya



A intervalos, la luz que recibe la Tierra de una estrella binaria es interceptada por otra estrella.

luz parece variar, se les llama variables.

Algunas variables cambian periódicamente de luminosas a débiles y otra vez a luminosas. Esto se debe a un fenómeno que ocurre dentro de ellas mismas. Parecen crecer y empequeñecer, sucesivamente. Algunas de esas estrellas pueden ser observadas a simple vista; otras, sólo con un telescopio. Las novas son variables, brillan intensamente y a continuación parecen apagarse.

Fotografía del Observatorio Lick

La gran nebulosa espiral de Andrómeda.

Nuestra Galaxia y Más Allá

En el ecuador, la Tierra gira sobre su eje a una velocidad de más de 1,600 k.p.h. y gira alrededor del Sol a una velocidad de 107,000 k.p.h. Junto con los demás cuerpos del sistema solar, avanza a más de 800,000 k.p.h. en torno de nuestra galaxia o sistema estelar.

La galaxia es una inmensa espiral plana, cuyo diámetro se calcula en 100,000 años luz, y que gira en torno a un punto central. Todas las estrellas que vemos, y muchas más que no podemos ver pertenecen a nuestra galaxia. Al contemplar el firmamento en una noche estrellada vemos un sector más luminoso, que parece tener

una faja brillante de estrellas, que va desde un horizonte hasta el otro. Los antiguos afirmaban que esa faja parecía un río blanco, por lo que le llamaron galaxia o Vía Láctea. Nuestro sistema solar es una parte minúscula de la Vía Láctea; y la Vía Láctea que podemos ver es sólo una centésima parte de nuestra galaxia.

Gran número de enormes cúmulos estelares recorren el espacio. Las estrellas que componen esos cúmulos se mueven juntas. Puesto que los cúmulos globulares se encuentran a distancias enormes de la Tierra, podemos ver únicamente los más luminosos con un telescopio. Sabemos que esos cúmulos muy luminosos tienen diámetros que varían entre 100 y 200 años luz y que están compuestos por decenas de miles de estrellas calientes, muchas de ellas más luminosas que nuestro Sol. El cúmulo de Hércules tiene más de 50,000 soles.

Hay otros cúmulos estelares no tan compactos como los globulares. Muchos de ellos están cerca de nosotros —tan cerca que cuesta trabajo reconocer que

Gran cúmulo globular, Omega Centauri

Cortesía del Observatorio del Colegio de Harvard

forman un cúmulo. Algunas de las estrellas de la Osa Mayor pertenecen a uno de esos cúmulos abiertos.

Tal vez algún día el lector tenga ocasión de armar un juego de cubos, de esos que empiezan con un cubito que cabe dentro de otro más grande, el que a su vez cabe dentro de otro más grande aún. En una forma semejante, nuestra minúscula Tierra forma parte del sistema solar, el que encaja en un sistema más grande de estrellas, que es la galaxia. Nuestra galaxia, a su vez, es parte del Universo, compuesto de todas las galaxias o sistemas estelares del firmamento.

Las fotografías espectroscópicas muestran que mientras más alejada se encuentra una galaxia, más aprisa parece retirarse de nosotros. Con el correr del tiempo, el Universo se ensancha y cada una de sus galaxias se aparta más y más de sus vecinas. La teoría de un astrónomo muy conocido indica que con el tiempo nuestra galaxia perderá a sus vecinas presentes, pero se formarán nuevas galaxias de gas, que substituirán a las que se pierdan.

¿Hasta qué distancia pueden apartarse nuestras vecinas? ¿Cuáles son las dimensiones del Universo? Las galaxias más distantes que podemos ver con nuestros telescopios se apartan a una velocidad de más de 224 millones de kilómetros por hora. Nadie sabe dónde comienza el Universo y dónde termina.

Cortesía del Museo Americano de Historia Natural

La Vía Lactea

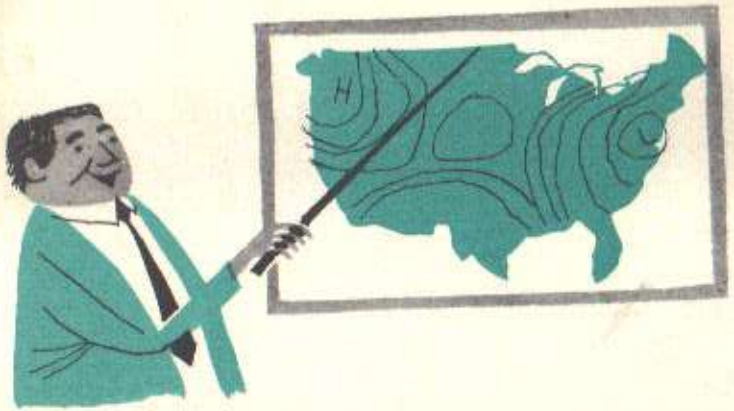
Mis Primeros Conocimientos de

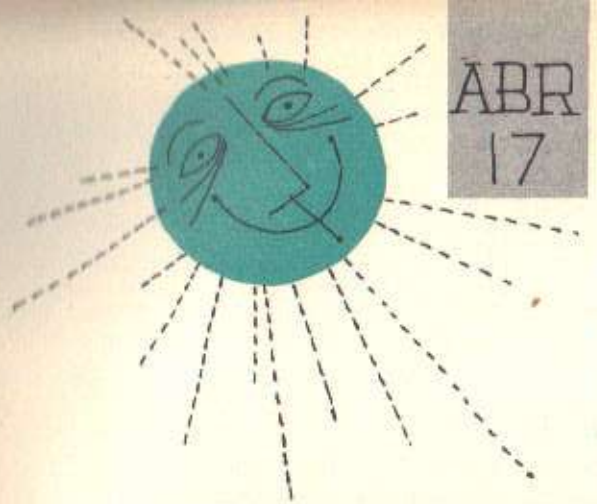
METEOROLOGIA

POR Rose Wyler

ILUSTRACIONES DE BERNICE MYERS

El agradecimiento de la autora a Frank H. Forrester del Planetario Hayden de Nueva York por las valiosas observaciones que le hizo respecto al manuscrito de este libro.





1. el aire que nos rodea

"Mañana, lluvia", dice el pronosticador del tiempo. Cuando oímos esa predicción, el cielo está despejado y azul. Pero a la mañana siguiente, llueve a cántaros.

¿Cómo sabía el pronosticador el tiempo que haría? ¿Acaso acertó de casualidad? Veamos sus pronósticos anteriores. Son mejores de lo que creemos. De diez veces, ha acertado ocho o nueve. Como lo dijo un pronosticador:

> En general, de esto me quejo:
> Cuando acierto, nadie lo recuerda;
> Cuando yerro, nadie lo olvida.

Los pronosticadores del tiempo son hombres de ciencia. Saben que el aire cambia de hora en hora, de día en día, y que esos cambios determinan el estado del tiempo. Saben que las tormentas se forman gradualmente. A diario observan los cambios en los vientos, las nubes, la temperatura, la humedad, la densidad del aire. Esas señales les indican cómo estará el tiempo mañana.

Podemos aprender a comprender esos cambios y a hacer nuestros propios pronósticos. Este libro nos lo enseñará. Todo lo que necesitamos es un termómetro y unas cuantas cosas que hallaremos en la cocina. Aun sin ellas podemos empezar a hacer pronósticos.

Saber de qué se compone el aire nos ayuda a comprender por qué cambia el tiempo. El aire es una mezcla de gases invisibles. Las nubes vagan por esa mezcla, y las partículas de polvo, humo, polen y sal de mar flotan entre esos gases. Pero no son aire. El oxígeno, gas que tenemos que respirar para poder vivir, y otro gas, el nitrógeno, forman la mayor parte de la mezcla. El aire contiene también vestigios de otros gases y algo de vapor de agua, gas invisible que se forma cuando el agua "se seca". Para el pronosticador del tiempo, el más importante de esos gases es el vapor de agua, ya que se forman de él las nubes, la lluvia y la nieve.

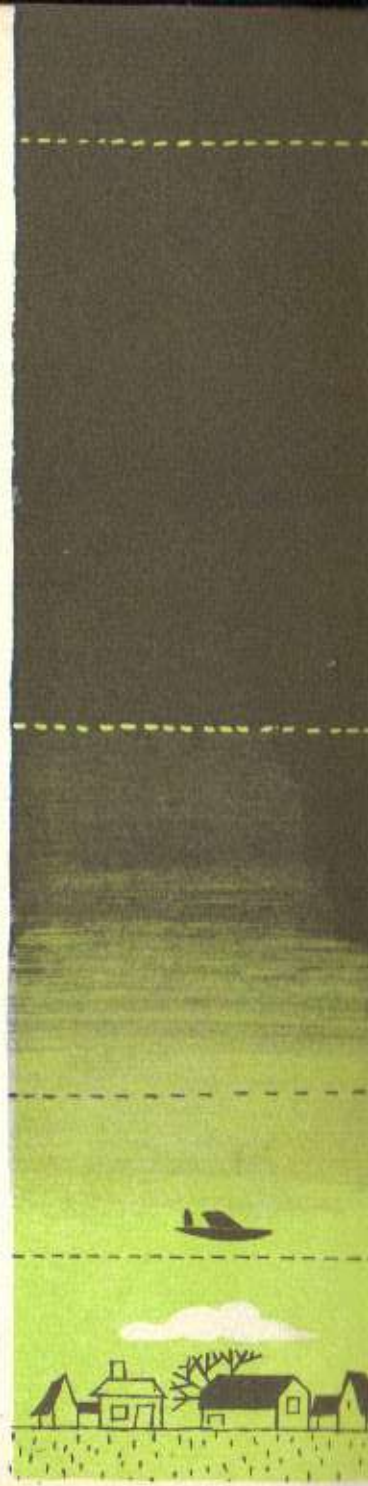
Cada gas está formado por sus propias partículas especiales, llamadas moléculas. Las diversas moléculas se encuentran mezcladas, por lo que el aire de un lugar se asemeja mucho al de cualquier otro lugar. Todas las moléculas son increíblemente pequeñas. Dos millones de ellas, colocadas en línea, apenas si alcanzarían la longitud de un granito de sal.

Las moléculas del aire son muy activas. Saltan veloces, hacia arriba, hacia abajo, moviéndose a diferentes velocidades. A veces chocan entre sí, pero generalmente hay mucho espacio entre ellas. Si las moléculas se apiñaran no formarían aire sino una mezcla de líquidos y sólidos. ¡Cómo podríamos respirar eso!

Los gases del aire no tienen color, pero al pasar el Sol a través de trillones de sus moléculas, el cielo se ve azul. La luz del Sol es una mezcla de diversos rayos, cada uno de los cuales es un color del arco iris. Juntos, los rayos producen luz blanca. Aunque los rayos de todos colores atraviesan el aire, muchos de los azules son detenidos por las moléculas de gas y dispersados. Por eso el cielo se ve azul.

A quince o más kilómetros de altura, el piloto de un avión debe ver hacia abajo, no hacia arriba, para encontrar el azul del cielo. El cielo que el piloto ve sobre él es de un color púrpura obscuro. A una altura mayor de 25 kilómetros, el cielo es tan negro de día como de noche. Eso se debe a que los rayos solares alumbran el cielo sólo al chocar con moléculas de aire.

Unos nueve décimos de las moléculas de aire se encuentran en los primeros quince kilómetros sobre el nivel del mar. Casi todas las demás están repartidas en los siguientes 45 kilómetros. Esto se ha descu-



bierto por medio de globos y cohetes que llevan instrumentos de medición conectados a pequeños transmisores de radio. Uno de ellos fue elevado a 400 kilómetros por un cohete WAC Corporal y transmitió señales que indicaban que aún a esa altura había algo de aire aunque sumamente ralo.

A mayor altura, casi no queda aire. ¿Hemos visto alguna vez la aurora boreal en una noche fría y clara? Esas ráfagas de luz brillante se forman cuando las partículas eléctricas del Sol atraviesan aire muy ralo y lo hacen resplandecer. La aurora boreal más alta que se ha observado se hallaba a unos 1,120 kilómetros por encima de la Tierra, de lo que se deduce que a esas alturas debe haber poquísimo aire. Nadie sabe hasta dónde llega el aire. Donde termina el aire empieza el espacio. En él no hay nada que pueda iluminarse, ni calentarse.

Todo el aire que se encuentra entre la Tierra y el espacio se llama atmósfera. Forma una cubierta delgadísima pero maravillosa en torno de nuestro planeta. Afortunadamente, la gravedad de la Tierra es lo suficientemente fuerte para impedir que la atmósfera se pierda en el espacio. Ninguna molécula, ni nada, puede volar en el espacio a menos que vaya a una velocidad tan grande que contrarreste la fuerza de la gravedad.

Puesto que la gravedad empuja a las moléculas de aire hacia abajo, la atmósfera superior comprime a la inferior en una capa delgada. Por eso el aire es más pesado cerca del suelo.

Al empujarse las moléculas de aire contra sí y contra la Tierra, forman lo que se llama presión atmosférica. El pronosticador del tiempo tiene que medir la presión atmosférica, para lo cual emplea un barómetro. Ese instrumento indica que la atmósfera presiona sobre un centímetro cuadrado al nivel del mar con una fuerza cuyo peso es de un kilogramo. Por lo tanto, sabemos que al nivel del mar el aire entre un centímetro cuadrado de terreno y el espacio pesa alrededor de un kilo.

En todo momento nos parecemos a un malabarista que equilibra una barra sobre la nariz. Nuestra barra es una columna de aire altísima que llega desde nuestra nariz hasta el espacio. Forman esa columna trillones de moléculas de gas. Su peso es pequeñísimo, pero si nos encontramos al nivel del mar y nuestra nariz tiene una superficie de cinco cms. cuadrados, todas las moléculas que se encuentran encima de ella pesan alrededor de 14 kgs. Si nuestros hombros tienen una superficie de 130 centímetros cuadrados mantienen en equilibrio una columna de cielo que pesa alrededor de 140 kilos. Sin embargo, eso no es nada. ¡Toda la atmósfera pesa más de cinco mil trillones de toneladas!

Por lo general, no sentimos la presión atmosférica porque también tienen presión la sangre que corre por nuestro cuerpo y el aire que respiramos. La presión interna compensa la externa.

Pero la atmósfera sí tiene peso. Lo podemos demostrar de la siguiente manera:

Tómese una lata de metal, grande y limpia, con tapón de rosca. Viértase en ella como media taza de agua y póngase a hervir. Las moléculas de agua se extienden cuando se les calienta y forman vapor. El vapor llena el espacio interior de la lata y expulsa al aire que se encuentra en ella.

Cuando se forman nubecillas sobre la lata, apáguese la lumbre y atornillese rápidamente el tapón.

Tomándola con un portaollas, llévese la lata al fregadero y viértase sobre ella un chorro de agua fría. La lata tronará y perderá su forma.

¿Sabemos por qué se aplastó la lata? Porque cuando la enfriamos, el vapor se transformó de gas en líquido. El agua líquida ocupa menos espacio que el vapor. Puesto que casi todas las moléculas de aire habían sido expulsadas de la lata, el aire que quedaba en ella era muy ralo. Su presión era mucho más baja que la del aire exterior. Así pues, la presión atmosférica hundió los costados de la lata. ¡Pero a nosotros no nos puede ocurrir eso! La presión interna de nuestro cuerpo contrarresta la atmósfera.

Examinando la lata deforme notaremos que se abolló en la parte superior, el fondo y los lados. Esto demuestra que la atmósfera hizo presión en todas direcciones. Puesto que las moléculas que forman la parte inferior de la atmósfera están comprimidas por el peso de las moléculas de la parte superior, empujan en todas direcciones. Es como si trataran de abrirse paso a través del pesado montón de aire que tienen encima.

Empújese aire hacia un lado y más aire ocupará su lugar. No podemos abrir un agujero en la atmósfera, porque las moléculas de gas llenan todo el espacio al que pueden llegar.

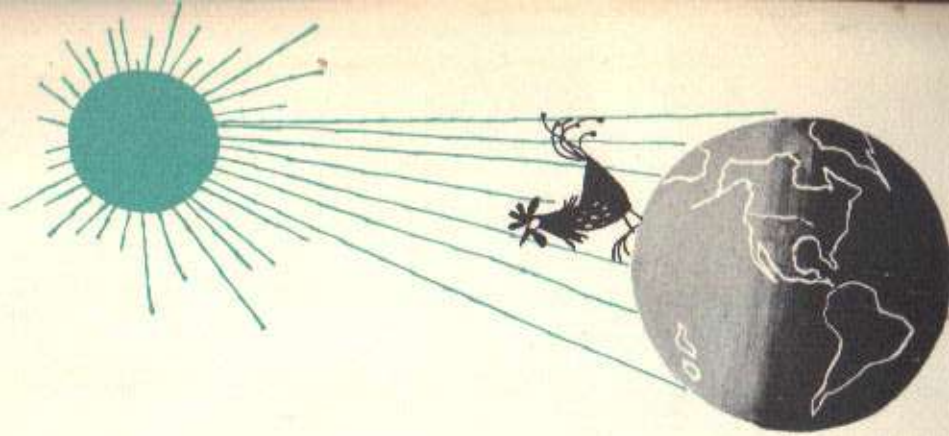
2. calentando un planeta

Tenemos cambios de tiempo porque el aire siempre está en movimiento. De no ser así, no tendríamos ni viento, ni lluvia, ni nieve.

Pero, ¿qué es lo que mueve al aire? El calor. El Sol, que se encuentra a unos 150,000.000 de kilómetros, suministra el calor. Tiene un diámetro cien veces mayor que el de la Tierra y su temperatura superficial es de más de 8,000 grados centígrados.

El Sol conserva su calor porque es una especie de central generadora de energía atómica que trabaja constantemente produciendo suficiente energía para calentar a muchos mundos. Al producir el Sol energía atómica, salen de toda su superficie muchas clases de rayos invisibles. Esos rayos no producen calor ni luz a menos que choquen con alguna materia.

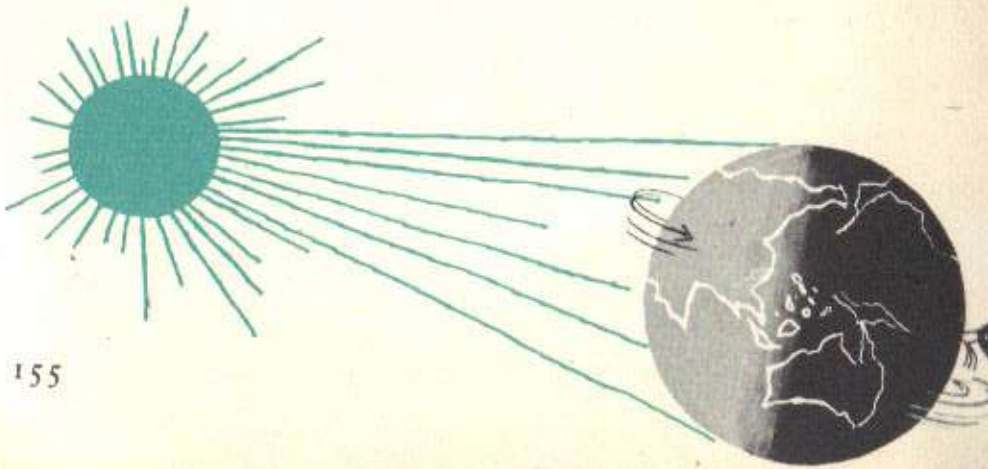
Los rayos del Sol viajan a la enorme velocidad de 300,000 kilómetros por segundo. No todos ellos llegan a la Tierra. Pero los que llegan tardan un poco menos de 8 1/2 minutos. Las moléculas de aire detienen a algunos de los rayos, pero casi todos ellos atraviesan la atmósfera y bañan la tierra y el mar. Al recibirlos, la tierra se calienta y despide calor hacia el aire. El aire recibe cerca de nueve décimos de su calor en esa forma indirecta.

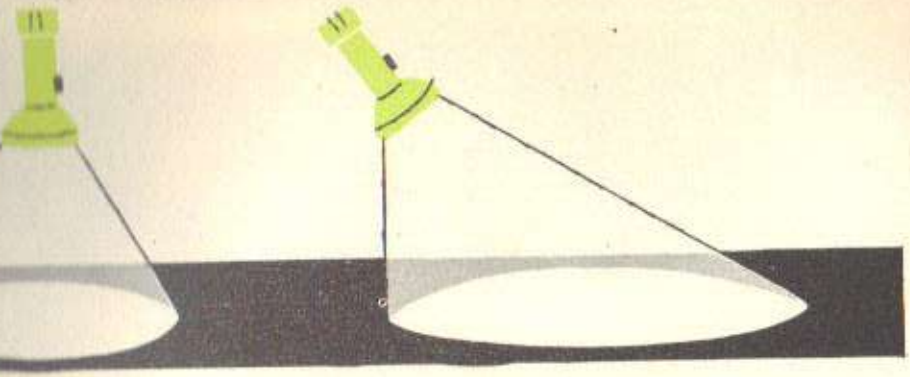


El aire se calienta al salir el Sol y se enfría después de la puesta del Sol. Durante la noche la temperatura continúa descendiendo y en la mañana sube otra vez.

La rotación de la Tierra sobre su eje establece ese ritmo. Es de día en cualquier parte de la Tierra que dé al Sol. Es de noche en cualquier parte de la Tierra que no dé al Sol.

En la mañana, la Tierra da vuelta hacia el Sol, que parece estar ascendiendo por el cielo. Al mediodía nos encontramos casi directamente bajo los rayos del Sol. En la tarde, nos vamos retirando del Sol, que parece estar descendiendo poco a poco hacia el horizonte.



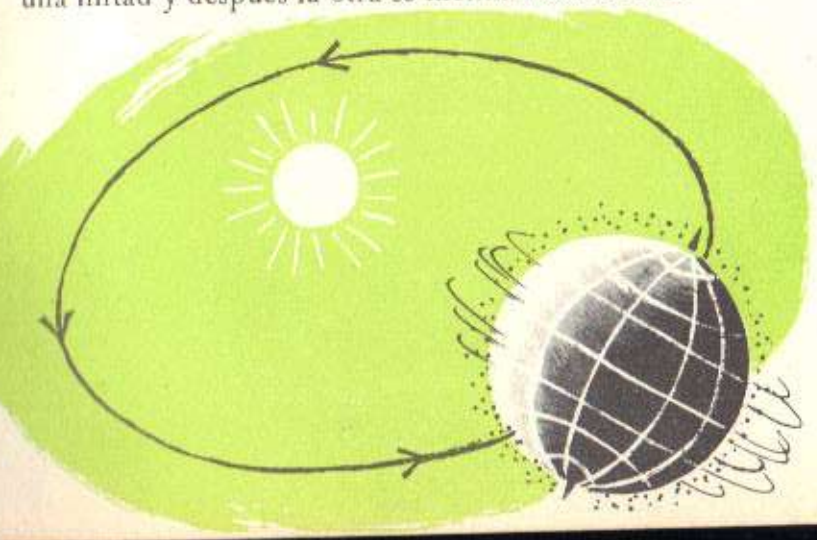


Cuando el Sol está cerca del horizonte, sus rayos nos llegan inclinados. Mientras más alto está, menor es la inclinación de sus rayos. Eso varía la cantidad de calor que recibimos.

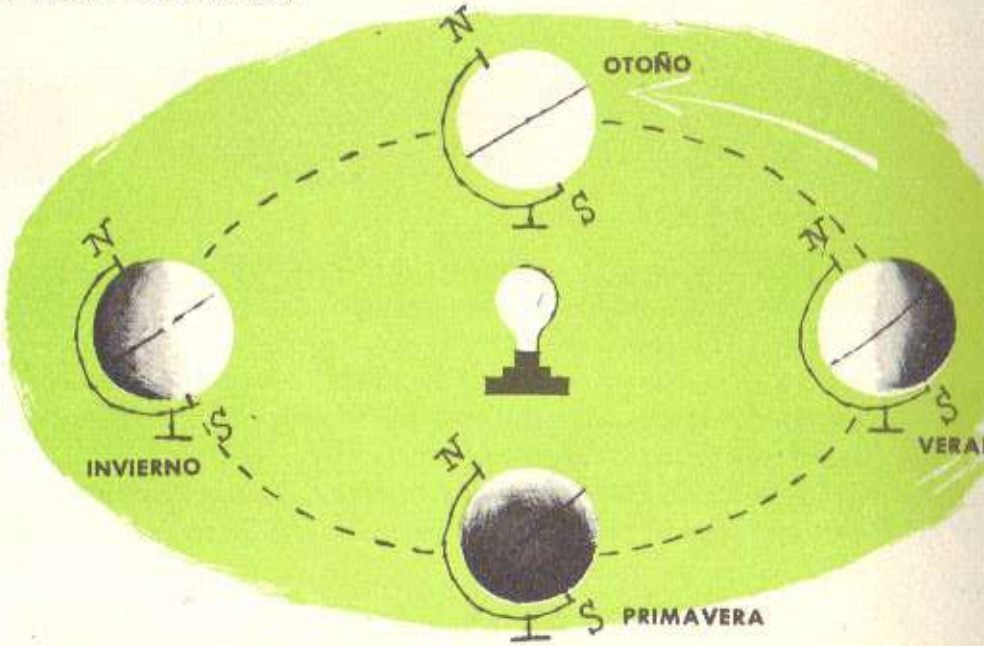
Con una lámpara de mano ilumínese el suelo oscuro. Primero, sosténgase la lámpara en forma tal que arroje un haz inclinado. Después, que ilumine el suelo directamente desde arriba. Se notará que el haz directo abarca menos espacio.

Lo mismo ocurre con los rayos solares. Cuando un haz de rayos llega directamente a un pedazo de terreno, ese pedazo recibe más rayos que cuando le llega un haz inclinado. Así pues, los rayos directos del Sol dan más calor.

Al girar nuestro planeta sobre su eje, gira también alrededor del Sol. Puesto que el eje de la Tierra está inclinado, primero una mitad y después la otra se inclina hacia el Sol.

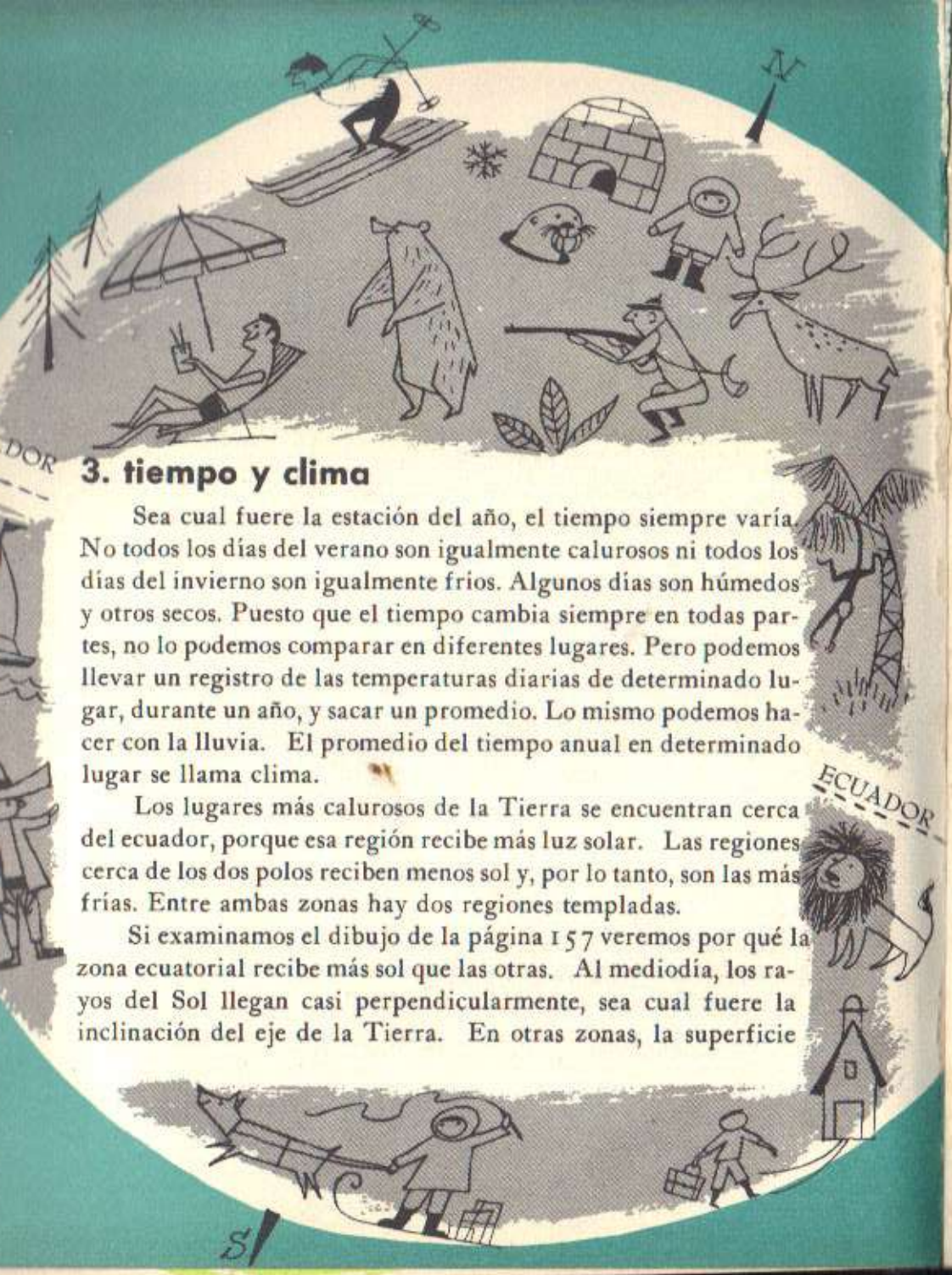


Cuando nuestra mitad de la Tierra se inclina hacia el Sol, tenemos verano. Los días son más largos que las noches y el Sol brilla más horas todos los días. Recibimos más rayos directos que en ninguna otra época del año y la parte del mundo que habitamos se vuelve más calurosa.



Cuando la inclinación de la parte norte de la Tierra es contraria al Sol, los días se acortan. Por lo tanto, recibimos menos luz y hace frío. Estamos en invierno. Entretanto, los habitantes del hemisferio sur están en verano.

Si le damos vuelta a una luz con un globo terráqueo en la mano (véase ilustración) descubriremos por qué cambian las estaciones.



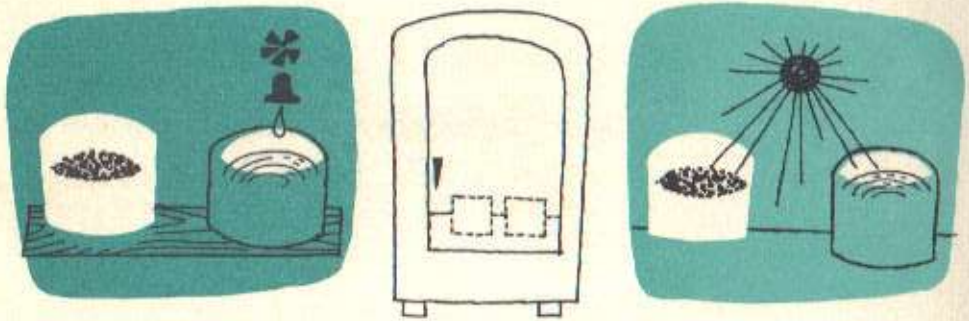
3. tiempo y clima

Sea cual fuere la estación del año, el tiempo siempre varía. No todos los días del verano son igualmente calurosos ni todos los días del invierno son igualmente fríos. Algunos días son húmedos y otros secos. Puesto que el tiempo cambia siempre en todas partes, no lo podemos comparar en diferentes lugares. Pero podemos llevar un registro de las temperaturas diarias de determinado lugar, durante un año, y sacar un promedio. Lo mismo podemos hacer con la lluvia. El promedio del tiempo anual en determinado lugar se llama clima.

Los lugares más calurosos de la Tierra se encuentran cerca del ecuador, porque esa región recibe más luz solar. Las regiones cerca de los dos polos reciben menos sol y, por lo tanto, son las más frías. Entre ambas zonas hay dos regiones templadas.

Si examinamos el dibujo de la página 157 veremos por qué la zona ecuatorial recibe más sol que las otras. Al mediodía, los rayos del Sol llegan casi perpendicularmente, sea cual fuere la inclinación del eje de la Tierra. En otras zonas, la superficie de la Tierra forma una curva que se aparta del Sol. Por lo menos durante parte del año los rayos del mediodía llegan inclinados.

Al caer los rayos del Sol sobre la Tierra, el suelo y el agua se calientan, pero no con la misma rapidez. El suelo se calienta más aprisa que el agua, como lo demuestra este experimento:

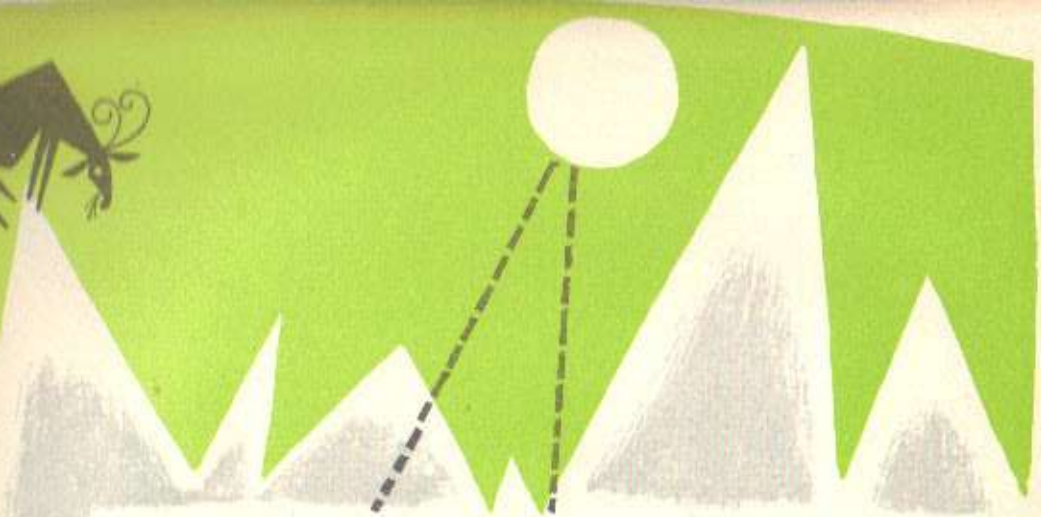


Tómense dos latas vacías y llénese una de ellas con tierra seca y la otra con agua. Colóquense ambas en el refrigerador, para que se enfríen.

Entonces, pónganse las dos latas al sol. Dos horas después, la tierra estará más caliente que el agua. Se puede comprobar tocando una y otra.

El suelo también se enfría más aprisa que el agua. Si vamos a una playa en la madrugada la arena estará muy fresca. Al mediodía quizá esté demasiado caliente para que podamos pisarla descalzos. Después del crepúsculo, se enfriará de nuevo. Si tomamos la temperatura del agua a diferentes horas del día y de la noche, descubriremos que no varía más de uno o dos grados. Entretanto, la temperatura del suelo puede variar hasta 20 grados centígrados.

La temperatura del mar es tan constante que no cambia mu-

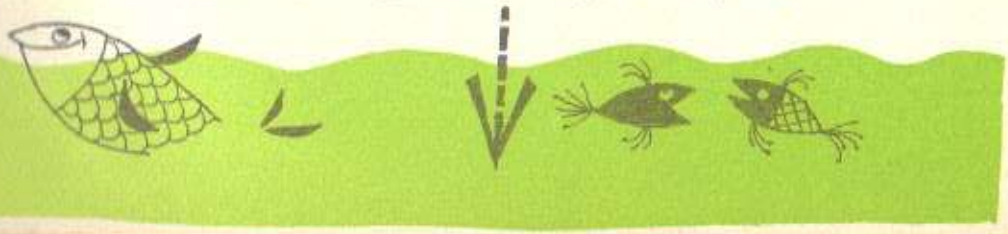


cho entre el invierno y el verano. Eso obedece a que se necesita mucho calor para elevar la temperatura del agua aunque sólo sea unos cuantos grados. El agua almacena calor. Cuando llega el invierno, el mar conserva aún parte del calor del verano.

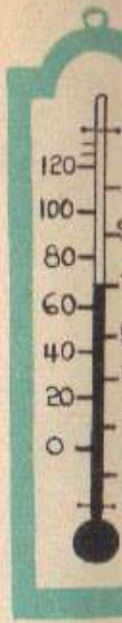
La tierra, en cambio, no almacena. Disipa el calor casi tan aprisa como lo recibe y guarda muy poco. Por eso la tierra es más caliente que el mar en el verano y más fría en el invierno.

La altitud —o sea la altura sobre el nivel del mar— también modifica la temperatura. El que haya subido a una montaña elevada habrá notado que hace más frío en la cima que en el valle. La nieve permanece en las montañas mucho después de haber desaparecido de las planicies. En la cúspide de las montañas muy elevadas hay nieve todo el año.

A tres kilómetros sobre el nivel del mar la temperatura desciende hasta 20 grados centígrados. A mayor altura el aire es todavía más frío. Por cada 300 metros de altitud, hasta unos 12,000 metros, el descenso de temperatura es de unos dos grados centígrados. La razón es que el fondo de la atmósfera recibe calor de los rayos solares que llegan a la Tierra y son reflejados.



4. tomando la temperatura del aire

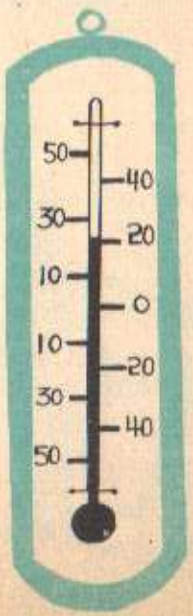


¿Qué temperatura tiene el aire que nos rodea? No podemos saberlo si nos guiamos únicamente por lo que sentimos. Necesitamos un instrumento para medir — un termómetro.

La parte principal del termómetro es un tubo sellado de cristal que contiene un líquido, ya sea mercurio o alcohol teñido de rojo. Cuando se calienta, el líquido se dilata y sube por el tubo. Cuando se enfría, se contrae y desciende. El tubo se fija contra un fondo en el que hay una escala. La distancia entre cada rayita de la escala representa un grado.

El termómetro fue inventado hace unos 350 años. Al principio no tenía escala y era difícil consultarlo. Los constructores de instrumentos trataron de mejorarlo. Finalmente en 1714 un holandés, Daniel Gabriel Fahrenheit (Fa-ren-jait), inventó la escala que ahora lleva su nombre. En ella, la temperatura del hielo —es decir, el punto de congelación del agua— es de 32 grados y el punto de ebullición del agua es el correspondiente a 212 grados Fahrenheit.

El termómetro de Fahrenheit llegó a ser conocido como el mejor del mundo, y los hombres de ciencia de muchas partes le hicieron pedidos de ese instrumento. Hoy en día es la escala que se emplea tanto en los Estados Unidos como en la Comunidad Británica de Naciones.



Poco después de que Fahrenheit inventó su escala, dos sabios suecos idearon

la escala centígrado. El cero es el punto de congelación del agua. En todos los países de América Latina ésta es la escala oficial. Para evitar confusiones, se escribe la inicial de la escala que se ha empleado.

Cuando vemos 32° F., sabemos que la temperatura se tomó con un termómetro Fahrenheit. La lectura es: "Treinta y dos grados Fahrenheit". Las temperaturas bajo cero se escriben con el signo de menos frente a ellas. Por ejemplo, —32° F.

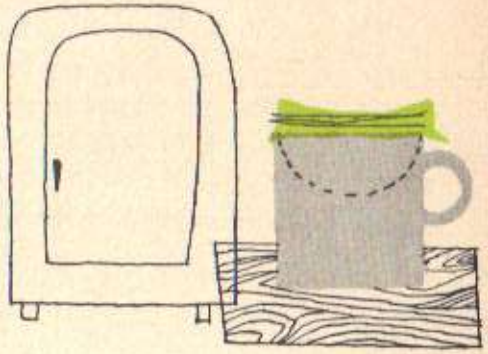
Antes de usar el termómetro debemos cerciorarnos de que es exacto. Para ello, podemos hacer esta prueba: En un vaso con hielo picado métase un termómetro. El termómetro con escala centígrado debe marcar 0°. En el de escala Fahrenheit debe marcar 32°.

Cuando se coloca el termómetro al aire libre, hay que protegerlo del viento. Escójase una pared que dé al norte o donde nunca dé la luz directa del Sol. Si los rayos solares caen directamente sobre el termómetro no se puede tomar la temperatura verdadera del aire.

5. lo que ocurre cuando se calienta el aire

Ocurre con el aire lo mismo que con el líquido del termómetro. El aire lo dilata y el frío lo contrae. Para demostrarlo, hagamos este experimento:

Estírese parte de un globo de goma sobre la boca de una taza de metal y sosténgasele en su lugar por medio de ligas de goma. Colóquese la taza sobre un tostador de pan. Caliéntese la taza durante un minuto. La cubierta de goma se inflará, al dilatarse el aire.

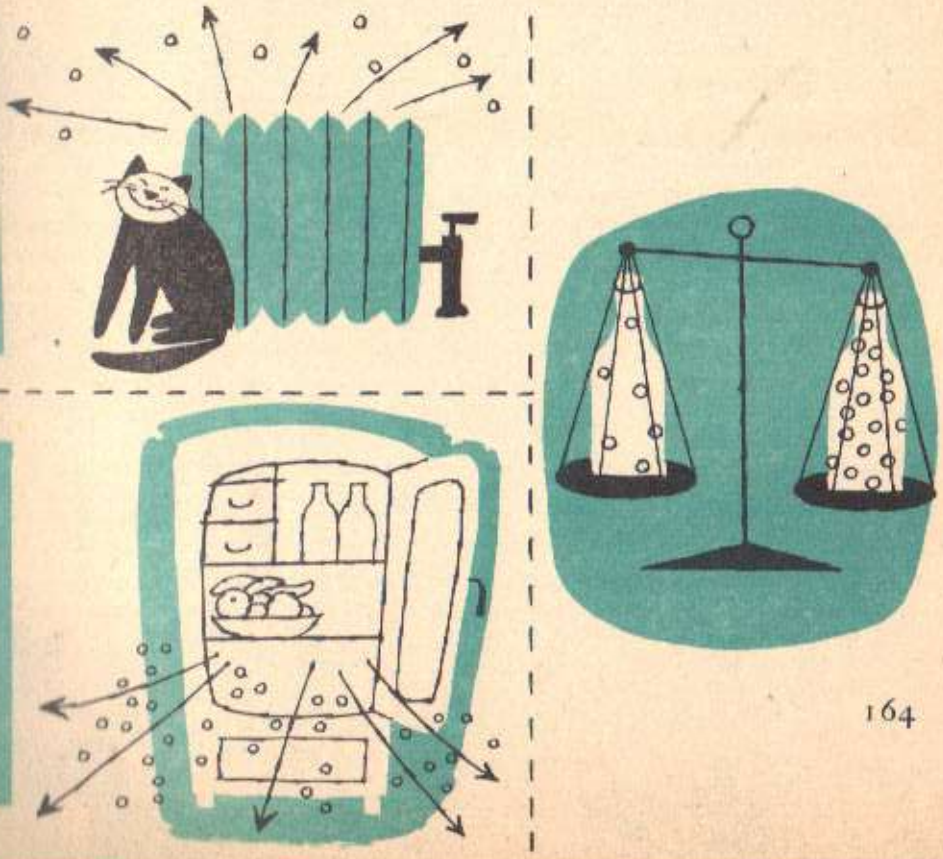


Colóquese la taza en el refrigerador, durante un minuto. Al retirarla se notará que la goma de la cubierta ha entrado parcialmente en la taza. Eso indica que el aire que hay dentro de la taza se ha encogido, o contraído.

Todos los gases, todos los líquidos y todos los sólidos se dilatan cuando se les calienta y se contraen cuando se les enfría. Se explica esto por la conducta de las moléculas. La energía termal las pone en movimiento. Mientras mayor es el calor, más rápidamente se mueven las moléculas y más se separan las unas de las otras.

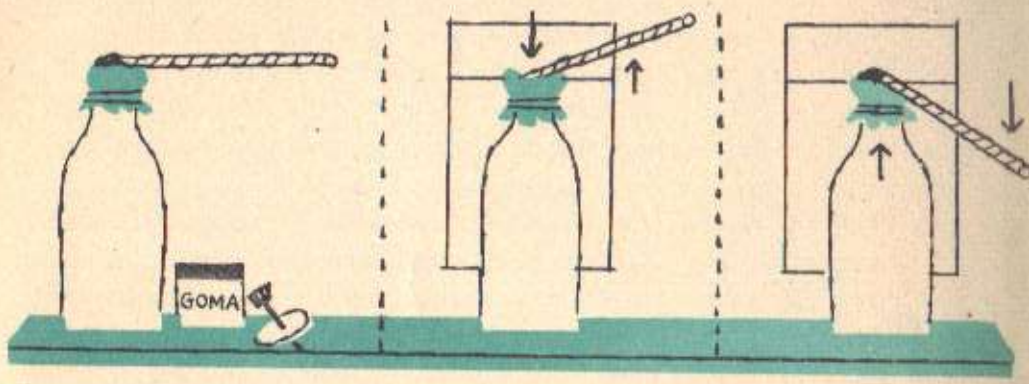
Un espacio determinado de aire frío, contraído, contiene más moléculas y es ligeramente más pesado que el mismo espacio de aire caliente. Mientras más denso es el aire mayor es su presión sobre todo lo que toca.

Al estudiar las variaciones del tiempo es muy importante saber si la presión del aire está subiendo o bajando, pues los aguaceros y las nevadas generalmente ocurren únicamente cuando el aire está perdiendo presión. Nuestro termómetro nos dará una idea aproximada de los cambios de presión atmosférica. Al descender la temperatura, la presión del aire aumenta. Al elevarse la temperatura, la presión del aire disminuye.



6. los barómetros y su funcionamiento

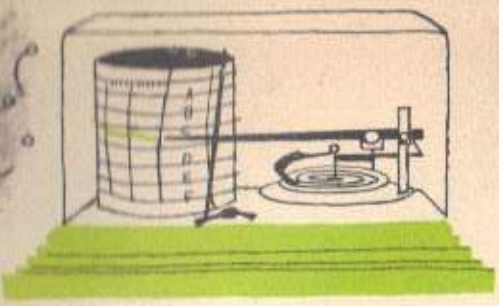
Con un barómetro se mide mejor la presión del aire. Si no tenemos barómetro en la casa o en la escuela, podemos construir un substituto.



Con un pedazo de globo de goma, cúbrase la boca de una botella de leche. Sujétese bien. Póngase un poco de pegamento sobre la tapadera formada por el globo de goma, a unos dos y medio centímetros de la ceja de la botella, y colóquese sobre el pegamento un extremo de una pajilla.

Con plastilina, péguese un pedazo de cartón rígido, como de 20 por 25 centímetros en uno de los lados de la botella. Colóquese el cartón en forma tal que sea posible marcar en él la posición de la pajilla. Cuando se terminó de construir el barómetro, márquese esa posición en el cartón.

Cuando el aire que está fuera de la botella se vuelve más pesado que el que está dentro, la tapa de goma se hundirá un poco y la pajilla se doblará. Si la temperatura es superior a 0°C., tal vez va a llover, pero si la temperatura es inferior a 0°C., va a nevar.



Barómetro aneroide

Los pronosticadores del tiempo emplean un barómetro que funciona en forma semejante al que hicimos en casa. Tiene una lata hecha de metal muy delgado. El aire ha sido extraído de la lata, y por eso se le llama barómetro aneroide, es decir, sin fluido. Adherida a la parte superior de la lata se encuentra una pluma larga. Esa pluma escribe en un tambor que gira por medio de un mecanismo de relojería. La pluma y el tambor corresponden, respectivamente, a la pajilla y al cartón del barómetro casero.

En muchas casas y en los barcos se usa un barómetro aneroide sencillo. Esa clase de barómetro no registra los cambios, sino que únicamente muestra la presión del momento. Tiene una carátula y una manecilla. Al girar la manecilla, indica la presión del aire.

El barómetro de mercurio es más exacto que el aneroide. Los pronosticadores del tiempo también lo emplean. La parte principal de este instrumento es un tubo de cristal, de un metro de longitud, con mercurio. Al aumentar la presión del aire, el mercurio asciende por el tubo; al disminuir, el mercurio baja. Una escala colocada detrás del tubo indica la altura del mercurio, en centímetros. La presión del aire se lee en centímetros de mercurio.

ercurio

Barómetro aneroide simple

Cuando un barómetro al nivel del mar marca más de 76 centímetros, la presión es más alta que la normal. Puede subir hasta 81 o bajar hasta 69.

Se puede emplear agua en el barómetro, pero puesto que es más ligera que el mercurio, la presión del aire la empuja a mayor altura. Hace unos siglos, un alcalde alemán, Otto von Guericke, construyó un barómetro de agua, que llenó de sorpresa a sus vecinos.

Von Guericke colocó una tubería dentro de su casa, desde el primer piso hasta la azotea. El extremo inferior del tubo estaba en una bañadera llena de agua. Puso un muñeco de madera en el extremo superior del tubo y lo tapó con una cúpula de cristal.

Cuando la presión del aire era alta, el muñeco ascendía por encima del techo, pero cuando la presión del aire era baja, el nivel del agua y el muñeco desaparecían por el tubo. Los aldeanos notaron que generalmente había tormenta después de desaparecer el muñeco y que cuando aparecía, indicaba buen tiempo.

Algunos acusaron al alcalde de brujería, pero él los calmó, explicándoles por qué el muñeco subía y bajaba.

7. los vientos, grandes y pequeños

La presión del aire cambia de un lugar a otro, porque la temperatura varía. Pero el aire siempre se encuentra en movimiento, tratando de equilibrar la diferencia en la presión. El aire empuja desde una zona de presión más alta hasta otra de presión más baja, y eso es lo que hace soplar el viento.

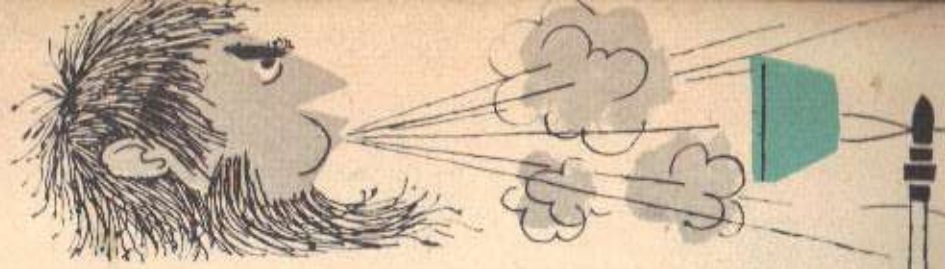
La velocidad del viento determina su fuerza. Todos sabemos que una bola rápida tiene más fuerza que una lenta. Lo mismo se aplica al viento.

Para saber la velocidad y la fuerza del viento, nótense los efectos que produce en las cosas que toca. Si hay una bandera a la vista, se notará que cuando el aire está calmado, la bandera cuelga del asta. Si la bandera sube una tercera parte, el viento sopla a unos 15 kilómetros por hora. Si la bandera sube dos terceras partes, el viento sopla a unos 30 kilómetros por hora, y a 45 kilómetros por hora, la bandera se extiende completamente.

Los meteorólogos establecen la fuerza y la velocidad del viento de acuerdo con una escala Beaufort de doce puntos.

Para hacer mediciones más exactas de la velocidad del viento hay un instrumento especial llamado anemómetro. Consiste en varias copas de metal, montadas en un poste. Cuando el viento sopla, dan vueltas, en tanto que un medidor registra su velocidad.

Los vientos pueden ser ligeras corrientes de aire que fluyen por la atmósfera, o potentes ventarrones. Suelen fluir con lentitud



LA ESCALA BEAUFORT (BO-FOR)

Número en la Escala	Nombre del viento	Kms. por hora	Efectos del viento
0	Calma	1	El humo sube perpendicularmente
1	Aire ligero	2-5	El humo sube con ligera inclinación
2	Brisa ligera	6-11	Las hojas susurran; las veletas se mueven
3	Brisa suave	12-19	Las hojas y las ramas en constante vaivén
4	Brisa moderada	13-29	Levanta polvo y papeles; mueve ramas pequeñas
5	Brisa dura	30-39	Los arbustos empiezan a mecerse
6	Brisa fuerte	40-50	Las ramas grandes se mueven
7	Ventarrón moderado	51-61	Se dificulta caminar
8	Ventarrón duro	62-74	Desprende ramas de los árboles
9	Ventarrón fuerte	75-86	Daña chimeneas y techos
10	Vendaval	87-100	Arranca árboles
11	Tormenta	101-120	Produce grandes daños
12	Huracán	Más de 120	El más destructor de todos los vientos.

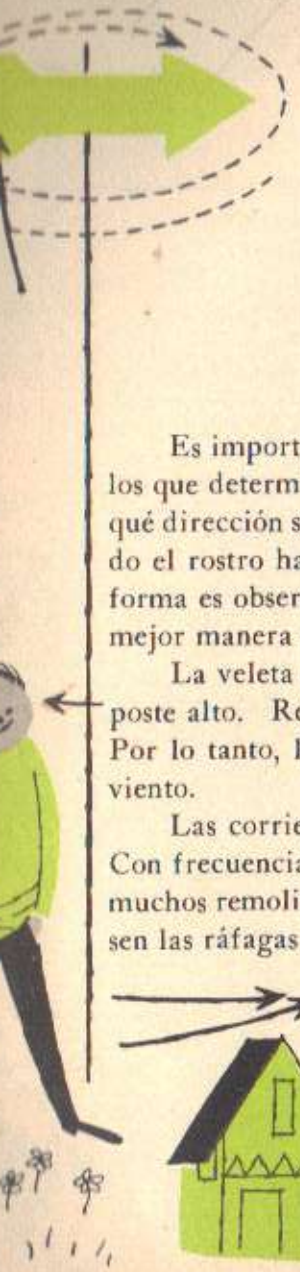
y con rapidez. Y pueden llegar de cualquier dirección.

Hace mucho tiempo, los marineros dieron a los vientos el nombre de la dirección que llevaban. Puesto que dependían de la fuerza del viento, para atravesar los mares, dieron a los vientos otro nombre, que indicaba su fuerza. Seguimos haciéndolo así. Cuando hablamos de un ventarrón del noreste nos referimos a un viento muy fuerte que sopla del noreste.

Es importante que conozcamos los vientos, porque son ellos los que determinan el estado del tiempo. Una forma de saber en qué dirección sopla es permanecer quieto en un llano e ir volviendo el rostro hasta que se sienta el viento en una mejilla. Otra forma es observar la dirección del humo de las chimeneas. La mejor manera es observar una veleta.

La veleta es una flecha de base muy ancha, montada en un poste alto. Recibe más aire la extremidad ancha que la punta. Por lo tanto, la veleta gira, hasta que apunta en dirección del viento.

Las corrientes de aire fluyen como las corrientes de agua. Con frecuencia se forman en ellas remolinos. Si hay en el aire muchos remolinos el viento llega por ráfagas. Esperan a que pasen las ráfagas para observar la dirección del viento.



8. cómo comienza el viento

El viento local es una pequeña corriente de aire que sopla a través de una zona reducida. Se forma cuando el aire frío, denso, de alta presión, desplaza al aire caliente, liviano, de baja presión. La mejor forma de ver cómo se forma un viento local es producir uno en nuestra propia cocina. He aquí cómo:

Primero, ciérrense las ventanas. A continuación, enciéndanse algunos de los quemadores de la estufa y ábrase el refrigerador. Para observar la corriente del aire, empléese un frasco lleno de humo. Enciéndase un extremo de una tira de cartón de quince centímetros de longitud. Rápidamente, déjese caer la tira en un frasco y tápese. Destápese el frasco al pie del refrigerador abierto. El humo descenderá hacia el piso, lo que indica que el aire frío y denso del refrigerador se hunde. Sosténgase el frasco sobre la estufa, destápesele y se verá que en ese lugar el aire asciende.

El aire frío que se extiende por el piso tiene más presión que el aire que encuentra allí por lo que lo empuja hacia la estufa. Ese movimiento lateral del aire es lo que se llama viento.

El aire que está sobre la estufa se dilata al calentarse y se vuelve lo suficientemente ligero para flotar por encima del aire denso y frío. Pero el aire calentado no tarda en enfriarse y empieza a contraerse y, al descender, crea una corriente hacia abajo.

Afuera, el aire fluye desde un lugar más frío a otro más caliente, exactamente en la misma forma y crea un viento local. Junto con el viento descendente hay una corriente ascendente. A este movimiento giratorio del aire se le llama sistema de viento.

Uno de los vientos locales más destacados es la brisa fresca que sopla tierra adentro desde el mar o un gran lago en los días calurosos del verano. Esa brisa se forma porque la temperatura de la tierra es más alta que la del agua y el aire que está sobre la tierra se calienta más que el que está sobre el agua. Sobre la tierra se forma una zona de baja presión. Entonces, el aire más fresco se mueve tierra adentro. Eso crea la brisa.

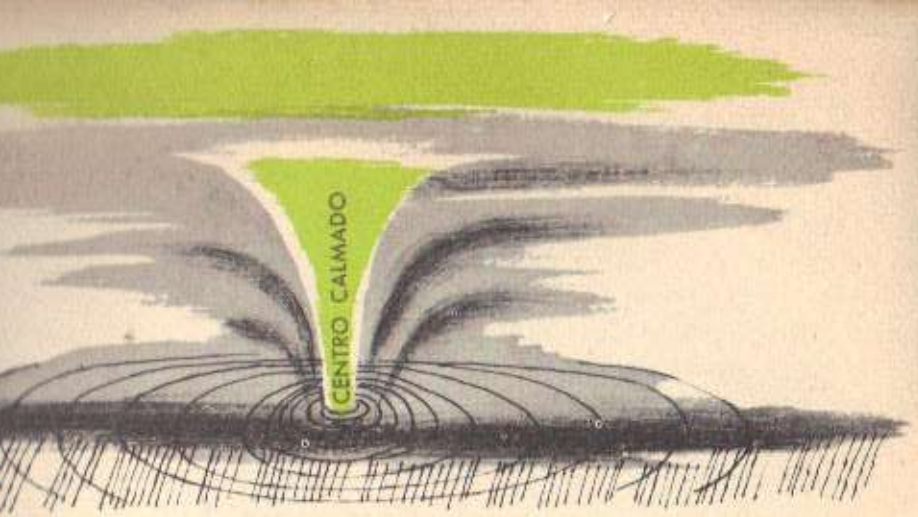
9. vientos planetarios

El viento local, con su corriente ascendente y su corriente descendente, se asemeja a una rueda pequeña que gira dentro de otra rueda más grande. Cuando nos hallamos dentro de un sistema de viento local, no notamos el sistema general más grande. Pero los pronosticadores del tiempo sí lo notan. Registran la dirección del viento día tras día y descubren así, por ejemplo, que en América del Norte los vientos soplan principalmente en dirección del oeste.

Los vientos del oeste son vientos planetarios. Su historia es un tanto complicada. El aire caliente del ecuador se eleva y se dilata. Parte de él se mueve hacia el Polo Sur y otra parte hacia el Polo Norte. Cuando el aire ha cubierto una tercera parte de su viaje hacia el Polo Norte, está ya muy frío. Se hunde, formando una corriente descendente. Esa corriente se divide entonces en dos corrientes: una hacia el norte y otra hacia el sur. La rotación de la Tierra impide que esas corrientes viajen directamente hacia el norte y hacia el sur. Ambas se desvían, y la corriente que va rumbo al sur se convierte en vientos del este y la que lleva el rumbo norte, en vientos del oeste.

Los vientos del oeste, al chocar con aire más frío y más denso del norte, tienen que elevarse. Como aparece en el diagrama, los vientos del oeste forman la corriente de un colosal remolino.

Fajas de viento-Hemisferio norte



10. los huracanes de la A a la Z

A veces, un torbellino procedente de la zona de los vientos del este (conocida también como faja de los vientos alisios) invade nuestra atmósfera, provocando un huracán. Esa clase de tormenta suele extenderse a unos 800 kilómetros de un extremo a otro. Los vientos que giran desde el centro llevan nubes cargadas y fuertes lluvias. Esos vientos giran a velocidades hasta de 240 kilómetros por hora, en tanto que la tormenta, en conjunto, avanza a unos 25 kilómetros por hora.

Los huracanes mueren al penetrar tierra adentro, pero cuando están agonizando arrasan árboles y edificios. Provocan en el mar enormes olas que azotan la costa causando mucho daño.

Los meteorólogos siguen el curso de los huracanes con radar y también los exploran volando dentro de ellos. Casi en el centro del huracán, el aeroplano se agita de un lado a otro violentamente. De repente, entra en una atmósfera calmada. Es que ha entrado en la zona abierta, con cielo azul y rodeada de elevadísimos muros de nubes. A esa zona se le llama el "ojo", o el centro del huracán, en torno del cual soplan los vientos.

Cada huracán recibe un nombre —de mujer— tomado de una lista alfabética. El primer huracán de la temporada recibe un nombre que empieza con A; el segundo, un nombre que empieza con B; y así sucesivamente. Cada año se prepara una nueva lista de nombres. Pero los pronosticadores del tiempo no tienen que buscar nombres que empiecen con Q, X o Z. Generalmente no nos llegan más de doce huracanes al año, por lo que sólo se emplean nombres hasta la L.

11. ¡tornado!

El tornado, al igual que el huracán, es un torbellino, pero mucho menos extenso, y su curso es mucho más corto. Esa clase de tormenta suele comenzar cuando el aire seco y frío que lleva dirección del oeste, alcanza al aire excepcionalmente caliente y húmedo, procedente del sur.

De repente, una ráfaga de aire caliente se eleva, y gira en espiral. No tarda en girar a una velocidad de trescientos o más kilómetros por hora. El vapor de agua es arrojado hacia arriba y al enfriarse forma una nube giratoria, en forma de embudo. Esa nube es característica del tornado.

El impetuoso aire frío gira con fuerza en torno del embudo, produciendo un rugido que se escucha a muchos kilómetros a la redonda. El embudo barre la tierra como una gigantesca aspiradora de polvo. La corriente ascendente crea una presión muy baja dentro del embudo. Al pasar sobre casas y graneros, suele hacerlos estallar, porque la presión más alta en el interior de esas construcciones revienta sus paredes. A veces levanta los trenes

de la vía y hace girar los camiones como si fueran una peonza. Afírmase que los tornados han arrebatado a niñitos de sus cunas y los han dejado caer, ilesos, sobre las copas de los árboles.

Sólo una ventaja tienen los tornados: son pequeños. Por lo general, de menos de kilómetro y medio de anchura, el tornado recorre no más de 7 kilómetros. Dura un promedio de 8 minutos. Se mueve tan aprisa que pasa por cualquier punto de su ruta en unos 15 segundos.

A causa de que el tornado es una tormenta pequeña, los pronosticadores del tiempo no pueden precisar el lugar exacto en que azotará. Pero generalmente pueden señalar la región amenazada. Anuncian el peligro y la gente tiene tiempo para refugiarse en los sótanos.

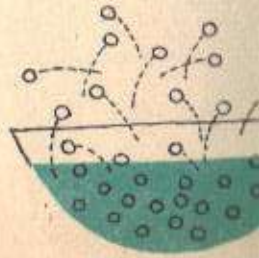
12. agua por todas partes

No falta quienes digan que nuestro planeta debiera llamarse Mar, en lugar de Tierra, ya que las aguas del océano cubren más de dos terceras partes de su superficie. También el aire contiene agua de mar, en forma de un gas llamado vapor de agua.

El mar siempre se está secando, pero al mismo tiempo, siempre se está llenando. A diario, muchos millones de toneladas de agua suben del mar hacia el cielo, y todos los días también casi la misma cantidad de agua cae del cielo, en forma de lluvia o nieve.

Por muy tierra adentro que vivamos, siempre hay en torno nuestro moléculas de agua procedentes de todos los océanos del mundo. Los vientos nos las llevan. El aire que respiramos también contiene vapor de agua que sale de las hojas o las plantas, y algo que exhalan las personas y los animales, así como un poco procedente de los lagos y ríos cercanos. Pero casi siempre, las moléculas llevadas por el viento desde el mar forman casi todo el vapor de agua del aire que respiramos.

Si tuviéramos vistas supermicroscópicas, veríamos cómo el agua líquida se convierte en gas. Las moléculas del líquido son muy activas. Se empujan y chocan unas contra las otras, por lo que algunas de ellas adquieren velocidad y se

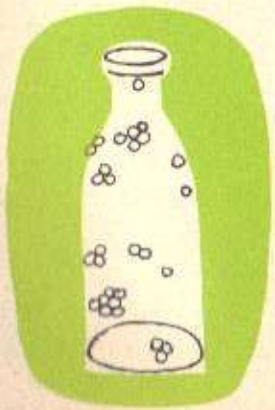


mueven mucho más aprisa que las demás. Al ocurrir esto a las moléculas de la superficie, algunas ascienden por el aire y forman gas o vapor. En otras palabras, se evaporan.

El aire puede contener mucho vapor de agua y seguir siendo seco, pues cuando el agua se convierte en gas, sus moléculas se separan mucho. No se adhieren a las cosas y por consiguiente no las humedecen. El aire se vuelve húmedo únicamente cuando algunas de sus moléculas de agua se enfrían, pierden energía y se juntan, formando gotas de líquido.

Cuando las moléculas de agua dispersadas se vuelven a unir y se transforman en líquido, decimos que se condensan. Cuando la temperatura baja a 0°C., o más aún, las moléculas de agua se alinean, se condensan y forman hielo. El agua penetra en la mezcla de aire por la evaporación, pero sale del aire por la condensación.

En una masa de aire del tamaño de un edificio de diez pisos que ocupe toda una manzana, suele haber entre 25 y 10,000 kilos de agua, en forma de gas. La cantidad de vapor de agua que hay en el aire cambia siempre, según sea la temperatura. En cualquier temperatura, el aire puede contener más. Mientras más alta sea la temperatura del aire, más vapor de agua puede contener. A los 27°C el agua suele contener 20 veces más humedad que a los 18°C.



Tal vez hayamos notado que en ciertos días la ropa húmeda se seca más aprisa. La rapidez del secado, o evaporación, depende del vapor de agua que haya en el aire en relación con el que podría contener. Cuando la ropa se seca aprisa sabemos que hay relativamente poca humedad en el aire; pero cuando se seca despacio, sabemos que el aire está casi saturado.

La humedad afecta nuestra comodidad. Si mojamos un dedo y lo agitamos en el aire notaremos que se siente frío, mientras se seca. Eso obedece a que se emplea calor en transformar el agua en vapor, y en este caso el calor procede del dedo. Cuando sudamos y el sudor se seca, la evaporación nos refresca de la misma manera. Si el aire caliente no contiene demasiada humedad, el sudor se evapora rápidamente y nos sentimos cómodos. Pero si la humedad es mucha, la evaporación es lenta y nos sentimos acalorados. En esas ocasiones, la gente suele quejarse: "¡No es el calor lo que molesta, sino la humedad!"

Los pronosticadores del tiempo tienen una forma muy ingeniosa de averiguar cuánta humedad más puede contener el aire. Emplean un instrumento hecho de dos termómetros. El bulbo de uno de los termómetros está cubierto por una funda de tela húmeda, en tanto que el bulbo del otro termómetro se encuentra descubierto. Si el aire está saturado, el agua no se evapora de la tela y ambos termómetros dan la misma lectura. Pero si el aire no está saturado, el agua se evapora de la tela. Eso enfría el termómetro de bulbo húmedo, el que da una lectura inferior a la del termómetro de bulbo seco. Si el aire puede contener más humedad, la evaporación es rápida y existe una gran diferencia en las lecturas de los dos termómetros. La diferencia en las lecturas

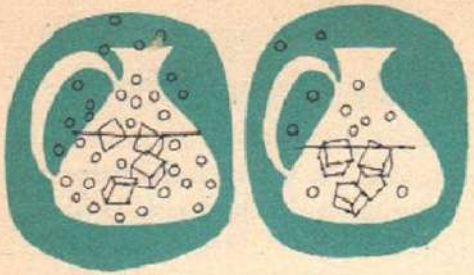
indica la humedad relativa, o sea la cantidad de humedad que hay en el aire, y la que podría tener sin cambiar la temperatura.

Se dice que el aire saturado tiene una humedad relativa de 100 por ciento. Si tiene tres cuartas partes de la humedad que puede contener, su humedad relativa es de 75 por ciento y así sucesivamente.

El meteorólogo nota la diferencia entre la lectura de ambos termómetros y consulta una tabla, que le indica la humedad relativa. Si ésta es muy baja, puede esperarse un cielo despejado. De lo contrario, cualquier descenso de la temperatura puede formar nubes.

Diferencia entre bulbo seco y bulbo húmedo	Temperatura del aire, registrada por el termómetro de bulbo seco											
	–10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	55%	71%	80%	86%	90%	92%	93%	94%	95%	96%	96%	97%
2	10%	42%	60%	72%	79%	84%	87%	89%	90%	92%	92%	93%
3	–	13%	41%	58%	68%	76%	80%	84%	86%	87%	88%	90%
4	–	–	21%	44%	58%	68%	74%	78%	81%	83%	85%	86%
6	–	–	–	16%	38%	52%	61%	68%	72%	75%	78%	80%
8	–	–	–	–	18%	37%	49%	58%	64%	68%	71%	74%
10	–	–	–	–	–	22%	37%	48%	55%	61%	65%	68%
12	–	–	–	–	–	8%	26%	39%	48%	54%	59%	62%
14	–	–	–	–	–	–	16%	30%	40%	47%	53%	57%
16	–	–	–	–	–	–	5%	21%	33%	41%	47%	51%
18	–	–	–	–	–	–	–	13%	26%	35%	41%	47%
20	–	–	–	–	–	–	–	5%	19%	29%	36%	42%
22	–	–	–	–	–	–	–	–	12%	23%	32%	37%
24	–	–	–	–	–	–	–	–	6%	18%	26%	33%

indicadores de humedad

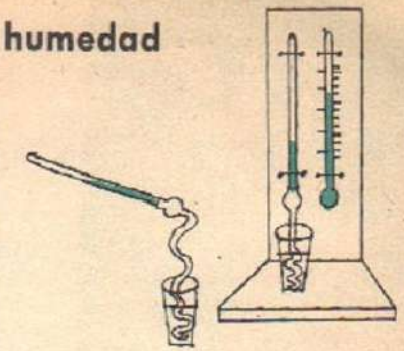


"Resudor" de una jarra de agua

En el exterior de una jarra de agua helada se forman gotas, al condensarse la humedad del aire. Llévese al aire libre una jarra de agua helada; séquese el cristal. Si se vuelven a formar gotas rápidamente, el aire se encuentra cerca de su punto de saturación y será de esperarse un aguacero. Pero si las gotas se forman con lentitud, la humedad relativa es baja y el tiempo probablemente será bueno.

Casa pronosticadora del tiempo

El hombre y la mujer que "viven" en la casa están unidos por una cuerda de tripa, retorcida. Cuando la humedad relativa es alta, la cuerda absorbe del aire moléculas de agua. Se estira y se destuerce. La mujer sale entonces de la casa y el hombre entra en ella. Por el contrario, cuando hay poca humedad y la cuerda se aprieta, el hombre sale de la casa.



Termómetro casero de bulbo húmedo y de bulbo seco

Para hacer un termómetro de bulbo húmedo, córtense ambas puntas de una cinta de zapato blanca. A continuación hágase entrar una punta de la cinta en el bulbo de un termómetro. Métase la otra punta en un vaso de agua. Móntese ese termómetro al lado de uno de bulbo seco y póngase ambos al aire libre. Para determinar la humedad relativa, véase la tabla de la página 180.

Flores pronosticadoras del tiempo

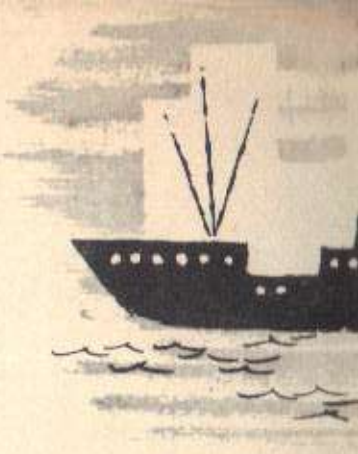
Los cambios en la humedad del aire hacen que las flores de papel empapadas en una solución de cloruro de cobalto cambien de color. Son rojas cuando la humedad es mucha y azules cuando es poca. Cómprese una cantidad pequeña de cloruro de cobalto en la farmacia. Disuélvase en agua. Mójese en la solución una flor roja. Al secarse, indicará el tiempo, si se le tiene al aire libre.

13. el rocío y la escarcha

El agua del aire suele condensarse cerca del suelo. A veces se convierte en rocío, que se forma en la hierba, las flores y los arbustos, durante las noches despejadas de verano. Las plantas se enfrían muy aprisa. También se enfría muy aprisa el suelo, enfriando la capa más baja del aire. Entonces las moléculas de agua del aire enfriado se juntan en las superficies más frías del suelo y forman gotas de rocío.

El rocío no se forma cuando hay viento, porque entonces el aire próximo al suelo se mezcla con aire más caliente. Las nubes evitan que se forme el rocío porque hacen las veces de mantas, que impiden que se enfríen el suelo y el aire.

El rocío se forma únicamente cuando la temperatura es superior a 0°C. Si es de 0°C. o más baja, el vapor de agua se congela directamente, formando cristales de hielo. Entonces se forma la escarcha. A veces vemos escarcha en las ventanas, en las aceras, en el suelo y en las plantas.



14. la niebla y el humo

A veces la tierra enfría el aire a tal grado que se condensa el vapor de agua y se forma la niebla.

En el mar, la niebla ocurre generalmente cuando el aire caliente y húmedo sopla sobre una corriente fría. Las nieblas terrestres, suelen formarse cuando el viento sopla aire caliente del mar a través de tierra fría.

La neblina de humo es producto de las grandes ciudades y la produce el aire sucio. La palabra inglesa "smog" es una combinación de las palabras "humo" (smoke) y "niebla" (fog). Se forma cuando la humedad se junta en torno de partículas de humo. En años recientes, la ciudad de Los Angeles, California, se ha estado enfrentando al problema de una clase especial de neblina de humo, causada por las substancias químicas que se encuentran en el vapor de la gasolina.

Las neblinas de humo son feas y malsanas. La única forma de impedirlas es evitando el aire sucio, es decir, la "contaminación". Los hombres de ciencia no han descubierto aún la solución al problema, pero siguen estudiándolo con ahínco.

15. formación de las nubes

Las nubes, al igual que la niebla, están formadas por gotitas de agua o cristales de hielo. A veces contienen ambas cosas. De hecho, la niebla es en realidad una nube que flota sobre el suelo.

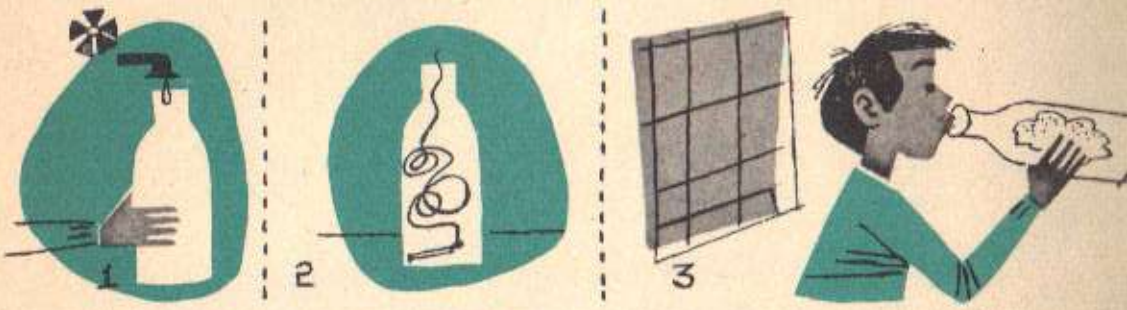
Casi todas las nubes se forman cuando el aire ascendente se enfría y parte de su humedad se condensa. Esto suele ocurrir cuando el viento asciende por la falda de una montaña o cuando las corrientes de aire se elevan, en un día cálido y húmedo.

Mientras más asciende el aire, menos presión tiene y más se puede dilatar. Si inflamos un neumático con una bomba veremos lo que le ocurre al aire cuando cambia su presión. Después de bombear un rato, notaremos que cada vez tenemos que emplear más fuerza. Eso obedece a que ya le hemos bombeado al neumático una cantidad muy grande de aire adicional. Si tocamos el barril de la bomba notaremos que está caliente. Hemos estado comprimiendo aire en la bomba. Por eso está caliente. Pero si dejamos que se escape aire por la válvula nos parecerá frío porque al salir del neumático, la expansión lo enfría.

Lo mismo ocurre con el aire del campo. Cuando desciende, se comprime y se calienta. Cuando asciende, se dilata y se enfría. Pero el aire frío no puede contener tanto vapor de agua

como el aire caliente. Si la temperatura desciende tanto que el aire ya no puede llevar su carga de vapor de agua, parte de ese vapor se condensa en gotitas. Entonces nace la nube.

Podemos hacer una nubecilla dentro de una botella de leche y ver cómo se forma. He aquí cómo:



Con agua tibia enjuáguese una botella de leche. Déjese caer en la botella un fósforo encendido. Al apagarse deja una estela de humo. El humo suministra las briznas en torno de las cuales se condensa la humedad.

Dése la espalda a la luz, para poder ver lo que ocurre. Absórbase el aire de la botella y dentro de ella se formará una nube.

Al chupar el aire de la botella, el que quedaba en ella se dilató y se enfrió un poco. Eso hizo que el vapor de agua se condensara y formara una nube de gotitas. Al permitir que el aire fresco penetrara en la botella, el aire de la nubecilla se comprimió y se calentó. Por lo tanto, las gotitas se evaporaron.

Comprendemos ahora por qué cuando baja la presión del aire generalmente significa que habrá tormenta. El aire se está dilatando y enfriando. Esto hace que el vapor de agua se condense y forme nubes. Pero al subir la presión, el aire se comprime y se calienta. Las nubes se transforman en vapor y el cielo se aclara.

tipos de nubes

Los meteorólogos dividen las nubes en tres niveles: "bajas", "intermedias" y "altas". Los niveles son como los diversos pisos de un rascacielos: El "primer piso" llega hasta los 1,950 metros, el "segundo piso" desde los 1,950 hasta los 6,000 metros. El "tercer piso" desde los 6,000 hasta los 12,000 metros. Aunque no hay dos nubes idénticas, se les puede agrupar por clases.

Estrato. Parece una sábana extendida. La parte de abajo de la nube es gris, porque se encuentra en la sombra. Pero la parte superior, vista desde un aeroplano, parece un mar de espuma blanca. Las nubes estrato se forman en el "primer piso". La **altoestrato**, se forma en el "segundo piso".

Cirro. Esas nubes son los jirones blancos que se ven a mucha altura, en los días claros. Están formadas por partículas de hielo y son demasiado tenues para proyectar sombra. De ellas no cae ni lluvia ni nieve porque contienen muy poca agua. Se forman en el "tercer piso".

Cúmulo. Es una nube esponjada y redondeada. Por espesa, proyecta una sombra oscura. Esa clase de nube suele formarse al caer la tarde. Las grandes nubes cúmulo se forman en el "primer piso" del cielo; y otras más tenues, llamadas **altocúmulo**, se forman en el "segundo piso".

Cirroestrato es una nube combinada que se forma en el "tercer piso". Tiene el aspecto de una sábana lisa, que da al cielo un color lechoso, pero es tan delgada que casi no opaca la luz del Sol o de la Luna. Otra nube combinada, la **cirrocúmulo**, asume la forma de pequeñas bolas u hojuelas blancas, que se asemejan a las escamas de un pez.

Las nubes cúmulo o estrato suelen llevar lluvia o nieve. Entonces, se les añade a su nombre el de **nimbo**, que significa "nube de lluvia". A la estrato tormentosa se le llama **nimboestrato**; a la cúmulo tormentosa se le llama **cúmulonimbo**.

16. gotas de agua

Si el aire se satura, las nubes se forman rápidamente. Las gotitas se condensan en un minuto y medio, más o menos. Las gotas de lluvia necesitan más tiempo para formarse, aunque la manera en que se forman sigue siendo un misterio.

Cada gota de lluvia contiene más o menos un millón de veces más agua que la gotita de nube. Podría pensarse que las gotitas se unen para formar gotas más grandes. Pero no es así. Las gotitas en las nubes se rechazan entre sí.

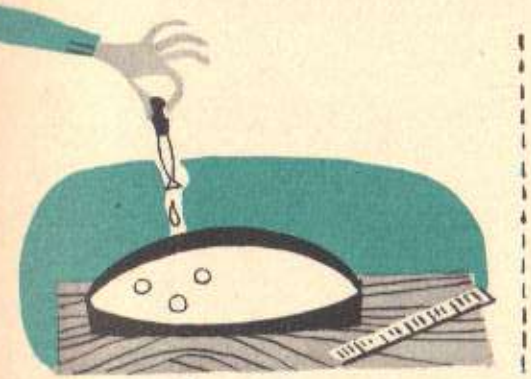
Por los experimentos que se han hecho en laboratorios, se sabe que el agua a veces no se congela aun cuando su temperatura es inferior a 0°C. Cuando esa agua se mezcla con cristales de hielo, las gotitas se evaporan rápidamente y el vapor se congela, adhiriéndose a los cristales.

Creen que posiblemente ocurra lo mismo en las nubes. La parte superior de cada nube de lluvia está formada por cristales

de hielo. La parte inferior, por gotitas de agua. Entre ambas partes hay cristales de hielo y gotitas de agua. Tal vez en esa sección las gotitas se conviertan en vapor. Las moléculas de vapor se congelan en torno de los cristales de hielo, formando copos de nieve. Si el aire inferior es caliente, los copos se derriten al caer y se transforman en gotas de lluvia.

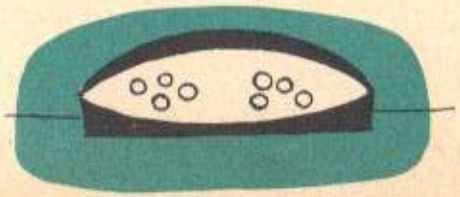
Las gotas grandes se dividen al caer. Estas gotas rara vez tienen más de tres milímetros de espesor. Las más pequeñas tienen como medio milímetro, y si tienen menos, son gotas de llovizna.

Es difícil medir las gotas de lluvia. Pero he aquí cómo podemos tener una idea aproximada de su tamaño:



Tómese un gotero para los ojos y mídase su diámetro con una regla. Así se obtendrá el tamaño de las gotas que caigan de él. Sosténgase el gotero sobre una sartén cubierta de harina y déjese caer una serie de gotas sobre uno de los lados de la sartén.

Cúbranse con papel de estaño las bolitas de masa que se formen. Póngase a la intemperie la sartén y permítase que las gotas de lluvia caigan sobre la harina. Para medir las gotas, compárense las bolitas de masa con las que formó el gotero.

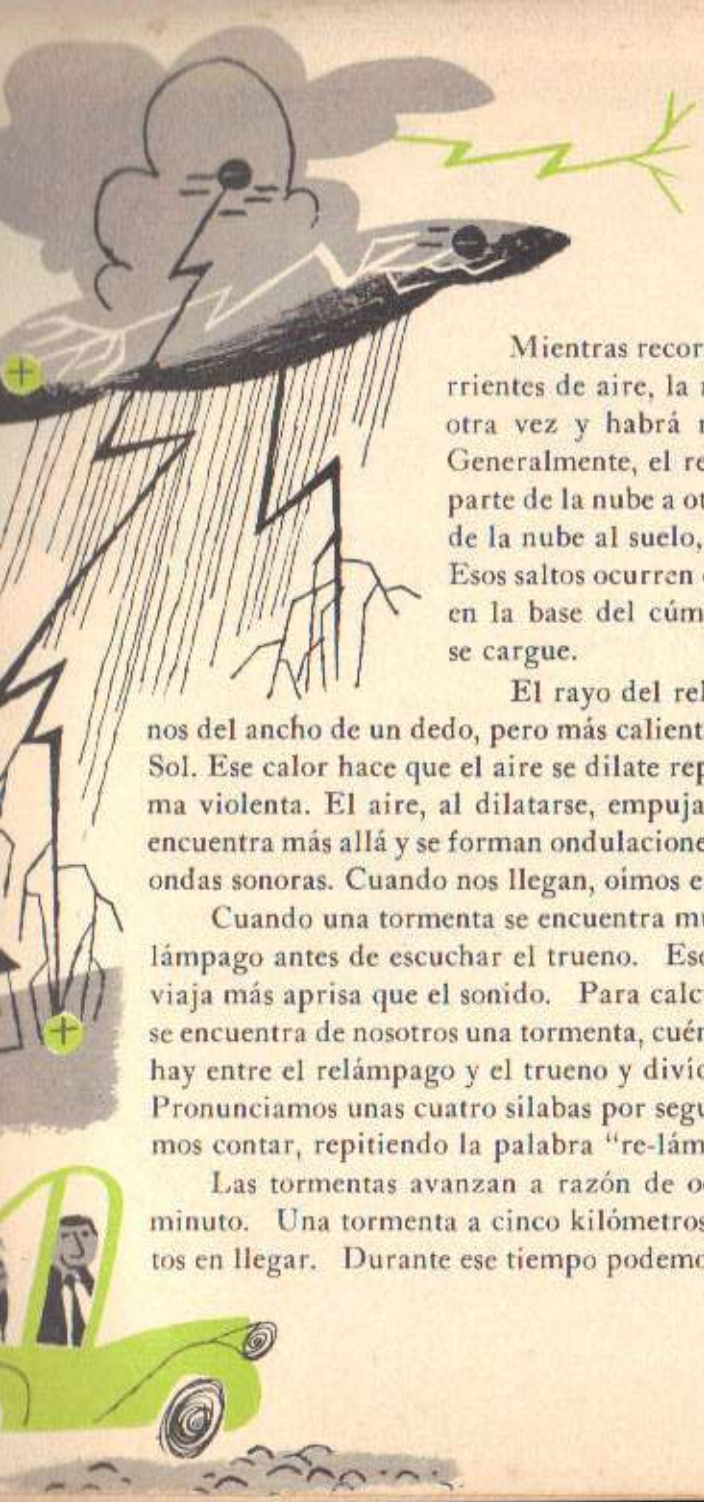


17. chubascos con truenos

A veces, el aire caliente y húmedo se eleva en remolinos. Al elevarse, el agua se condensa, formando una nube cúmulo esponjada. A mayor altura, donde la humedad se congela, se forman los jirones de las nubes cirro. Al llegar más humedad a la nube, su base se extiende y se oscurece. Conviértese así en nube cúmulonimbo, que puede producir truenos.

Pasan por ella potentes corrientes de aire. Al ser arrojados de un lado a otro los copos de nieve y las gotas de lluvia, unos y otras se cargan de electricidad. Hay dos clases de cargas, la positiva (indicada con el signo de más) y la negativa (indicada con el signo de menos).

De repente, las cargas negativas se abren camino hacia las cargas positivas. A ese movimiento se le llama corriente eléctrica. La corriente excita moléculas de aire cercanas, haciéndolas resplandecer durante una fracción de segundo. A ese resplandor le llamamos relámpago.



Mientras recorran la nube fuertes corrientes de aire, la nube se cargará una y otra vez y habrá repetidos relámpagos. Generalmente, el relámpago salta de una parte de la nube a otra. Pero a veces salta de la nube al suelo, o del suelo a la nube. Esos saltos ocurren cuando la electricidad en la base del cúmulo hace que el suelo se cargue.

El rayo del relámpago es más o menos del ancho de un dedo, pero más caliente que la superficie del Sol. Ese calor hace que el aire se dilate repentinamente y en forma violenta. El aire, al dilatarse, empuja contra el aire que se encuentra más allá y se forman ondulaciones invisibles que son las ondas sonoras. Cuando nos llegan, oímos el trueno.

Cuando una tormenta se encuentra muy lejana, vemos el relámpago antes de escuchar el trueno. Eso obedece a que la luz viaja más aprisa que el sonido. Para calcular la distancia a que se encuentra de nosotros una tormenta, cuéntense los segundos que hay entre el relámpago y el trueno y divídase el total entre tres. Pronunciamos unas cuatro sílabas por segundo, por lo que podemos contar, repitiendo la palabra "re-lám-pa-go".

Las tormentas avanzan a razón de ochocientos metros por minuto. Una tormenta a cinco kilómetros tardará cuatro minutos en llegar. Durante ese tiempo podemos buscar refugio.

El lugar más seguro es dentro de un automóvil, o en un edificio de estructura metálica. Si cae un rayo, el metal conduce rápidamente la electricidad a tierra. Los pararrayos hacen lo mismo. Si se les instala bien, protegen casi completamente a los edificios de madera.

Procúrese no estar en contacto con el agua, porque si cae en ella un rayo, la electricidad la recorre. Otra precaución: evitar los árboles. Cuando cae un rayo en un árbol el calor convierte la savia en vapor, lo que tal vez raje la madera y derribe parte del árbol.

Hay que protegerse contra los rayos pero no hay que tenerles miedo. Los rayos ofrecen un espectáculo maravilloso.

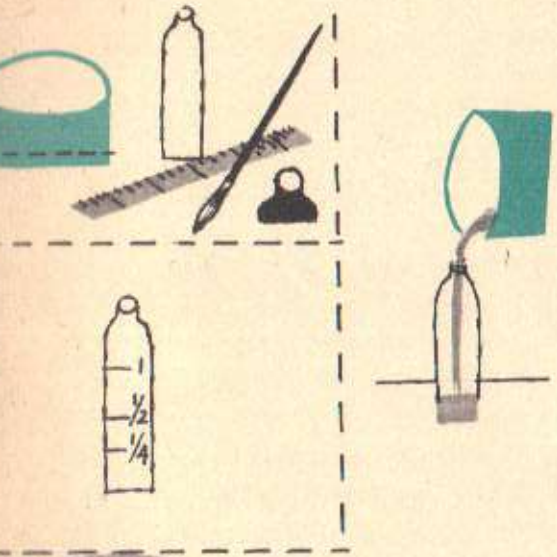
Después de la tormenta de rayos, quizá veamos un arco iris que forman los haces de luz solar al pasar por las gotas de lluvia.

Cuando están mezclados los colores que tienen los rayos solares, la luz es blanca. Pero al pasar a través de gotas de lluvia, los rayos se desvían. Como resultado de esa desviación, los colores de los rayos se separan, mostrando así el rojo, el anaranjado, el amarillo, el azul, el verde y el violeta del arco iris.

Para ver el arco iris debemos estar de espaldas al Sol y viendo hacia las nubes de lluvia. Sólo una persona puede ver a través de determinado conjunto de gotas y por eso no hay dos personas que hayan visto exactamente el mismo arco iris.

18. medición de la lluvia

¿Cuánta lluvia cae durante una tormenta? Para determinarlo hay que calcular la profundidad de la capa de agua que se formaría si la lluvia cayera en terreno plano. Se hace esto con un instrumento llamado pluviómetro. La mejor forma de comprender cómo funciona un pluviómetro es construyendo uno. He aquí cómo:

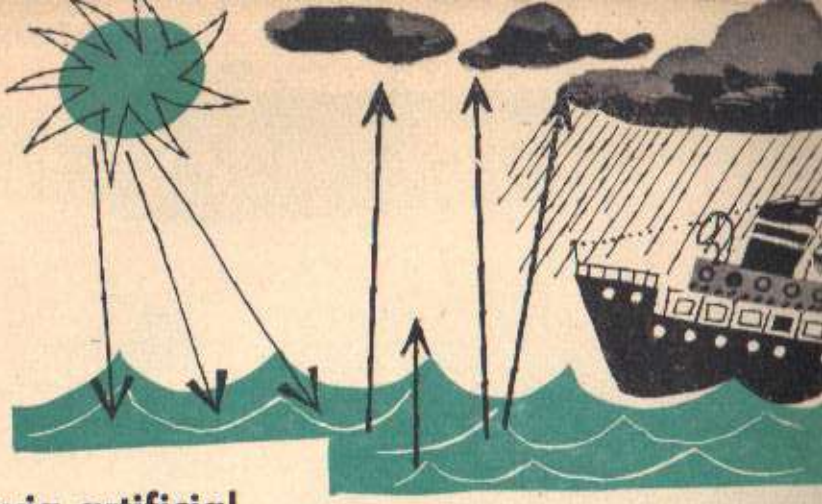


Necesitaremos estos materiales: pintura negra, un pincel fino, una botella alta y angosta, una regla y una lata de 20 centímetros de diámetro.

Márquese el pluviómetro en esta forma: Viértase agua en la lata, hasta la altura de cuatro centímetros. Pásese entonces esa agua a la botella. Márquese el nivel en el exterior con pintura negra y escríbase 4c. Vacíese la botella y viértanse 2 centímetros de agua, de la lata a la botella. Márquese su nivel en la botella. Repítase el procedimiento, pero en esta ocasión, viértase 1 centímetro de agua en la botella y márquese su nivel.

El pluviómetro se usa así: colóquese la lata a la intemperie. Después de una tormenta, mídase la lluvia vertiendo el agua de la lata a la botella.

A menos que vivamos en una región muy árida, dos centímetros de lluvia es cosa común. A veces será menos y a veces más.



19. lluvia artificial

Para producir lluvia durante varias horas, las nubes necesitan reabastecerse de humedad. Las corrientes ascendentes se encargan de eso.

Se necesita una cantidad tremenda de energía para elevar toneladas de agua hasta una nube . Esa energía la suministra el Sol, que ha calentado el aire, dándole así esa fuerza de elevación.

Los hombres de ciencia consideran que sería insensato tratar de copiar el método que emplea la naturaleza para producir la lluvia. "Quizá haya otra forma más fácil", afirman. "Tal vez podamos lograr que las nubes suelten su humedad".

En años recientes, se ha estado poniendo a prueba un método llamado "siembra en las nubes". El método de laboratorio es éste: se forma una nubecilla y se enfría con hielo seco. Se emplea el hielo seco porque es más frío que el hielo ordinario. Cuando se esparce hielo seco en la nube, se forman en ella cristales de hielo. El agua se evapora y se congela en torno de los cristales de hielo. Estos crecen y caen en forma de copos de nieve.

También se ha descubierto que se puede "sembrar" una nubecilla con una substancia química llamada yoduro de plata. Los

cristales de esa substancia se asemejan tanto a los de hielo que atraen el vapor de agua, que se congela en torno de ellos. Entonces, se forman los copos de nieve.

¿Pero da buenos resultados la siembra de nubes fuera del laboratorio? Desde 1946, los sabios han estado volando sobre nubes muy altas sembrando hielo seco o yoduro de plata. A veces provocan chubascos, pero no siempre. El método todavía no se ha perfeccionado.

Entretanto, mucha gente que vive en regiones áridas contrata a aviadores para que esparzan hielo seco o yoduro de plata sobre nubes prometedoras, con la esperanza de que llueva. Ha surgido una pregunta extraña. ¿Quién es el propietario de las nubes? Supongamos que los agricultores de Arizona obtienen lluvia de una nube que, de no haber sido sembrada, hubiese llegado a Nuevo México y producido lluvia natural en ese estado. ¿Serán entonces los agricultores de Arizona ladrones de nubes?

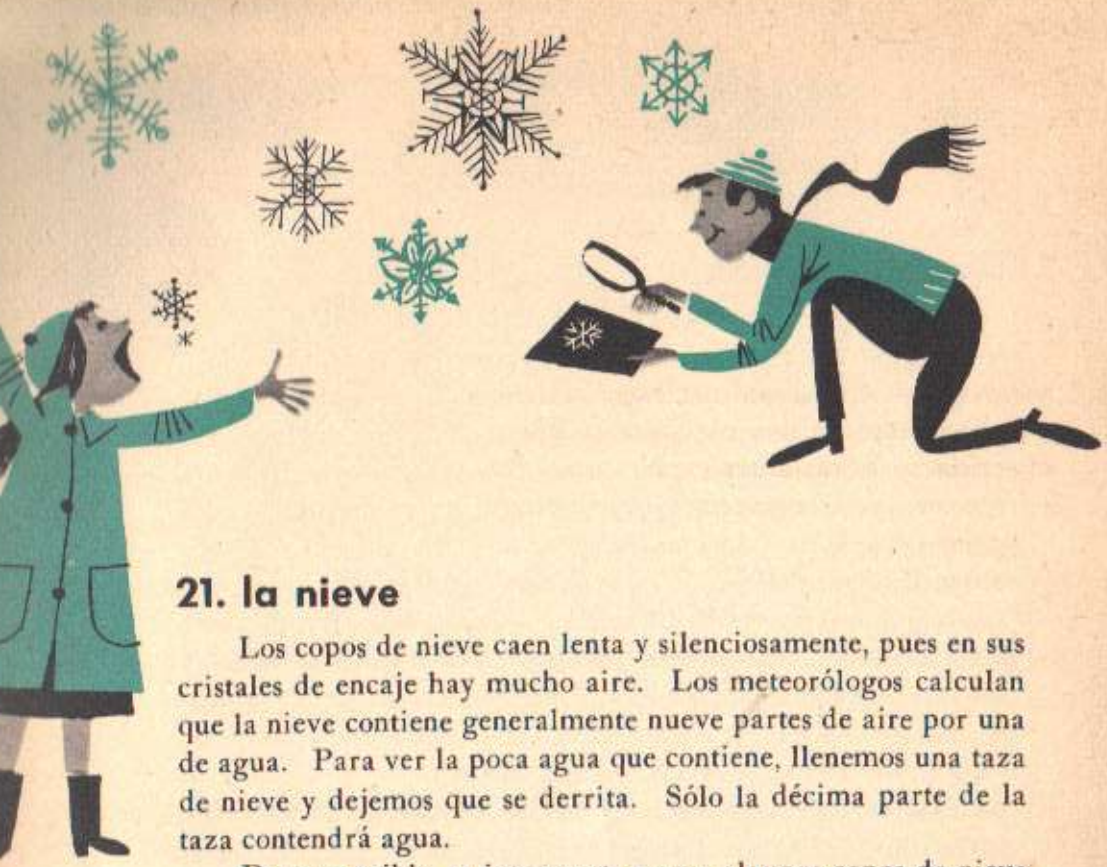
20. hielo del cielo

El 26 de mayo de 1953 cayó una tremenda granizada en Washington. Algunos granizos contenían material radiactivo procedente de una explosión atómica ocurrida 29 horas antes en Nevada. Se ignora cómo se contaminó, porque los meteorólogos no saben a ciencia cierta cómo se forma el granizo.

Algunos hombres de ciencia creen que las corrientes ascendentes de aire que alimentan a un cúmulo llevan gotas de lluvia a la parte muy fría de la nube. Las gotas se convierten entonces en bolitas de hielo que, al ser arrojadas de arriba a abajo dentro del cúmulo, se cubren de varias capas de hielo.

Puesto que el granizo se forma únicamente durante los chubascos con truenos, es más común en el verano que en el invierno. El aguanieve, en cambio, es producto del tiempo frío. Se forma cuando el aire próximo al suelo tiene una temperatura de 0°C., o menos, en tanto que la capa superior de aire es lo suficientemente caliente para permitir que pase la lluvia a través de ella. Cuando la lluvia llega a la capa inferior de aire más frío, se congela, formando cuentecillas de nevisca.

Las heladas ocurren cuando la lluvia enfriada cae y se congela en el suelo. Entonces, todo lo que toca la lluvia fría se cubre de una capa de hielo. A causa de su peso, el hielo suele ocasionar daños considerables a los árboles y a las líneas de energía eléctrica.



21. la nieve

Los copos de nieve caen lenta y silenciosamente, pues en sus cristales de encaje hay mucho aire. Los meteorólogos calculan que la nieve contiene generalmente nueve partes de aire por una de agua. Para ver la poca agua que contiene, llenemos una taza de nieve y dejemos que se derrita. Sólo la décima parte de la taza contendrá agua.

De ser posible, es interesante poner algunos copos de nieve sobre un pedazo de tela negra, y examinarlos con una lupa. Cada uno de los copos parecerá encaje. No hay dos copos iguales. Sin embargo, todos tienen seis puntas o seis lados.

El copo de nieve comienza como un solo cristal diminuto. El vapor de agua se congela en torno de él y agranda el cristal en forma tal que éste se transforma en un copo plano y pequeño. Quizá caiga o quizá crezca, reuniendo más cristales al congelarse más vapor de agua en torno suyo. Pero el copo se agrandará sólo si la temperatura es de unos cuantos grados bajo cero.

22. desfile del tiempo

Aunque el meteorólogo sepa la temperatura, la dirección del viento, la humedad y la presión del aire, ¿cómo puede predecir el tiempo que hará mañana?

En eso intervienen nuestros grandes vientos planetarios, o sean los vientos prevalecientes del oeste. Las cordilleras y los vientos locales tal vez se interpongan en el camino de los vientos prevalecientes del oeste y los obliguen a soplar por encima o alrededor de las montañas. Sin embargo, los vientos del oeste siguen atravesando los Estados Unidos en dirección del Océano Atlántico a un promedio de velocidad de 800 kilómetros por día en el verano y de 1,100 kilómetros en el invierno. Son esos vientos los que determinan principalmente el tiempo que hará. El aire frío y limpio que sopla en Chicago un día tal vez llegue a Nueva York al día siguiente.

Tiempo despejado durante algunos días y después, días nublados. Eso es lo que ocurre en casi todas partes. Todo obedece a los cambios en la presión atmosférica. Los meteorólogos llaman "altas" a las bolsas de mucha presión, "bajas" a las de poca presión. Las altas y las bajas se suceden en desfile interminable, cada una de ellas con su propio tiempo.

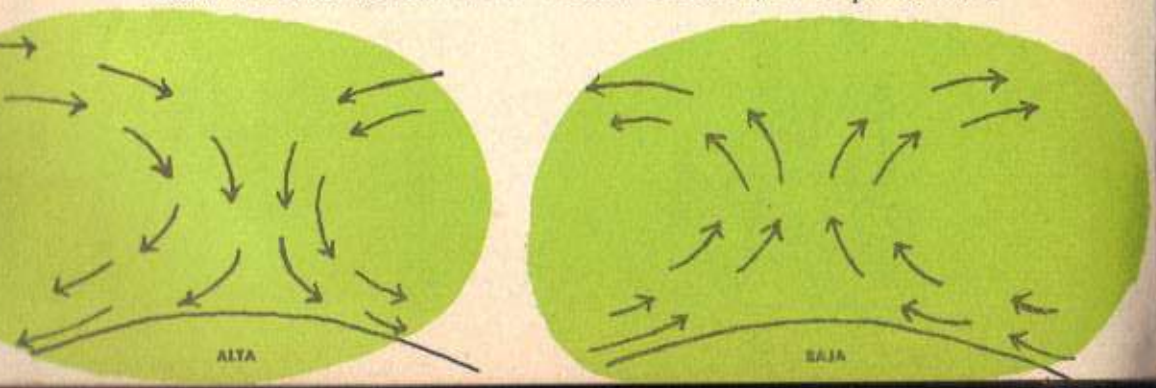
Una alta es como una montaña de aire, con su cúspide en la parte central. Allí la presión es mayor, y menor cerca de las orillas. Una baja es como un valle entre dos montañas. Quizá sea un valle largo y angosto, o tal vez sea un valle ancho.

Como sería de esperar, el aire tiende a fluir desde una alta hasta una baja. Sin embargo, la rotación de la Tierra desvía el curso de la corriente, por lo que los vientos giran y se salen del centro de la alta. Entretanto, las corrientes descendentes llevan aire nuevo procedente de arriba. Al caer ese aire, se comprime y calienta. Entonces puede contener más vapor de agua, y las nubes se evaporan. Cuando una alta se aproxima, sube la presión barométrica, cambia el viento y el cielo se aclara.

En la baja, el aire gira hacia adentro, rumbo al centro, en donde la presión es más baja. Se dilata y se enfría en el camino, por lo que su humedad se condensa, formando nubes. Cuando llega una baja, la presión del aire disminuye, y posiblemente haya tormenta.

Las altas y las bajas no son permanentes. Al avanzar, los vientos soplan de las altas a las bajas. Las montañas de aire se nivelan y los valles se llenan. Las altas y las bajas desaparecen, pero otras nuevas se forman, en substitución de las desaparecidas.

Hay una clase especial de alta que cubre decenas de miles de kilómetros cuadrados. Esa alta se forma sobre una extensión muy amplia de océano o de terreno llano. Se le llama "masa de aire". Estas masas se forman en el Océano Pacífico, en la parte norte



de Canadá y en el Golfo de México. El aire que llega a una de esas regiones se vuelve lento. Quizá permanezca en el mismo lugar durante casi una semana — lo suficiente para que su temperatura y su humedad queden afectadas por la zona.

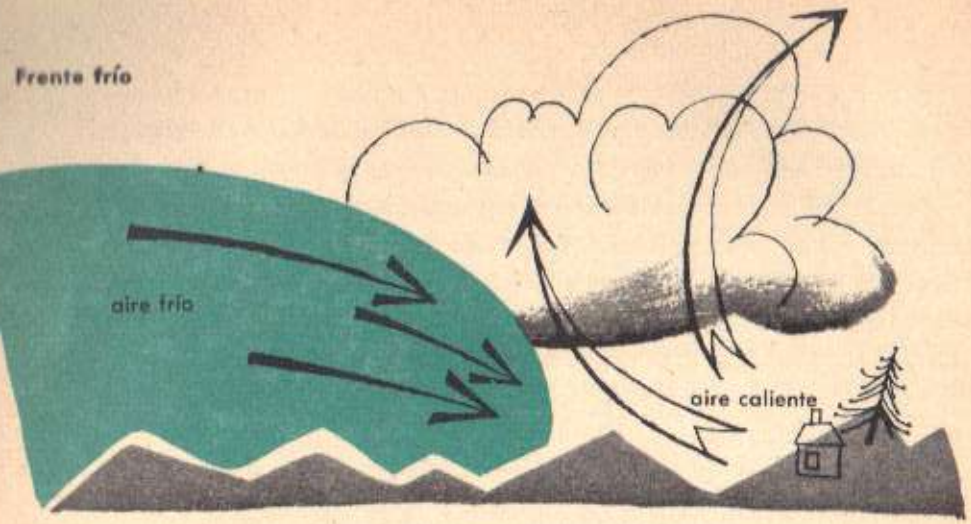
Sobre las planicies nevadas del norte el aire se enfría y pierde su humedad. Se convierte en una masa de aire frío y seco. En los mares tropicales el aire se calienta y se carga de humedad. Forma entonces una masa de aire caliente y húmedo. Cuando empieza a moverse, esa masa de aire lleva consigo su temperatura y su humedad.

Una que otra vez la parte superior de una masa de aire se separa de su parte inferior y sigue su propia ruta sobre el suelo. Al cabo de poco tiempo desciende sobre la tierra. Al descender se comprime y se calienta. Cuando llega al suelo, sus nubes se han evaporado y se han calentado. Al estancarse ese aire limpio y caliente sobre una zona, produce una "ola cálida".

Cuando llega una masa de aire muy frío y seco desde el Artico, la temperatura desciende repentinamente y en muchas regiones hay lo que se llama una "ola fría". Esa clase de masa de aire se mueve aprisa, por lo que generalmente las olas frías no duran mucho.

Las olas cálidas y frías llegan a veces una detrás de otra. En 1911 ocurrió en Chicago que un hombre quedó postrado un día por el calor y al día siguiente otros dos murieron de frío. ¡De la noche a la mañana, la temperatura había bajado 33°C.

Regiones de las que proceden las masas de aire.



23. batallas entre masas de aire

Casi todas las tormentas ocurren cuando chocan masas de aire distintas entre sí. Las dos masas de aire se disputan el derecho de paso. Generalmente, la masa de aire caliente es obligada a ascender. Se dilata y se enfría rápidamente. De su humedad se forman gruesas nubes. Esas nubes surcan el cielo y dejan caer millones de litros de agua.

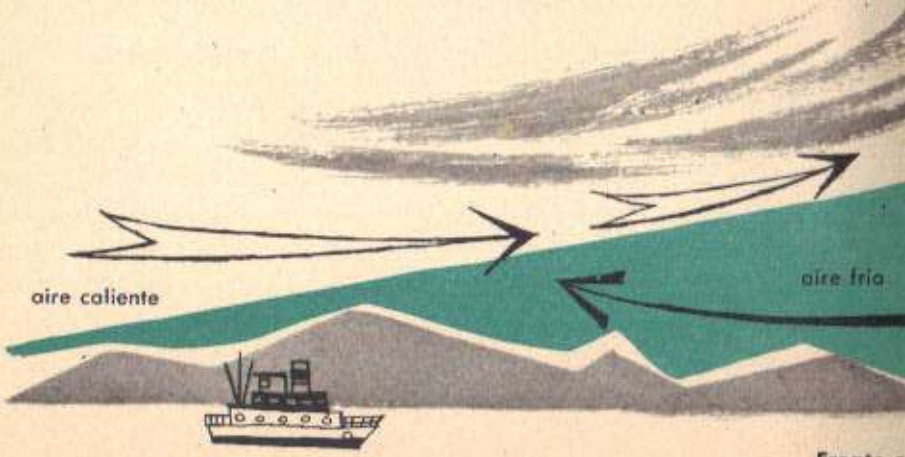
Los pronosticadores del tiempo llaman "frente" a la superficie entre las masas de aire que chocan. Vemos un frente en pequeña escala cuando abrimos la puerta entre una habitación fría y otra caliente, con aire viciado por el humo. El aire denso y frío se mete por la puerta y se abre camino por debajo del aire caliente y liviano. Se forma entonces una superficie inclinada, o sea un frente.

Se forma un enorme frente inclinado cuando una masa de

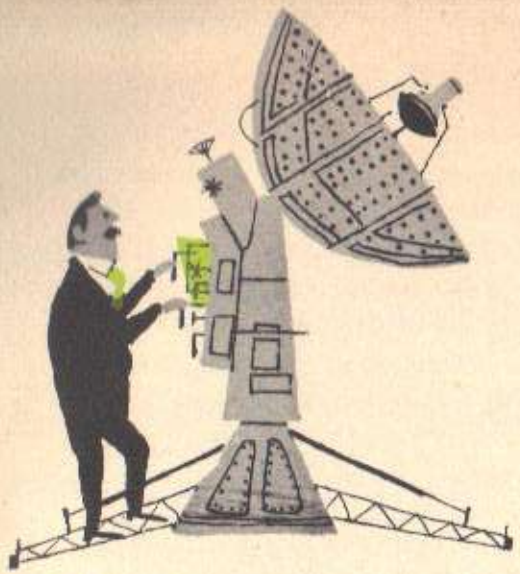
aire frío y seco procedente de Canadá se encuentra con una masa de aire caliente y húmedo procedente del Golfo de México. Mientras el aire caliente pasa sobre nuestra región, la temperatura es elevada. Hace buen tiempo hasta que, de repente, se forma un cúmulo. Esa es la señal de que ha llegado el frente. Mientras éste avanza, el aire caliente se eleva, se dilata, se enfría y cae entonces copiosa lluvia o nieve. Entonces la masa de aire del norte se extiende y el tiempo enfría y se despeja.

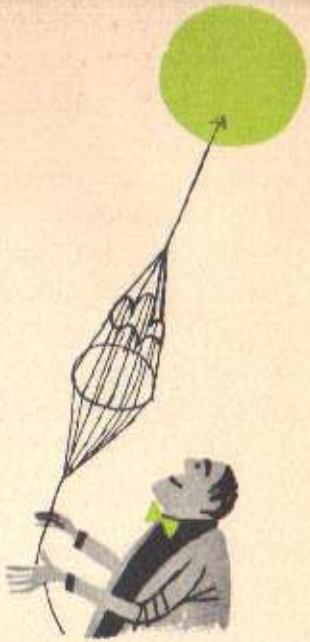
A esa clase de frente se le llama "frente frío" porque se forma cuando una masa de aire frío alcanza a otra de aire caliente. Pero a veces, una masa de aire caliente alcanza a otra de aire frío y forma un "frente cálido".

Aun para los pronosticadores del tiempo, es difícil descubrir un frente. Una de las formas de saber si un frente está pasando por encima es mediante el barómetro. La presión baja al dilatarse el aire ascendente. Otro indicio es la repentina aparición de nubes de tormenta. Después que ha pasado el frente, el barómetro sube, deja de fluctuar y el cielo se aclara.



Frente c





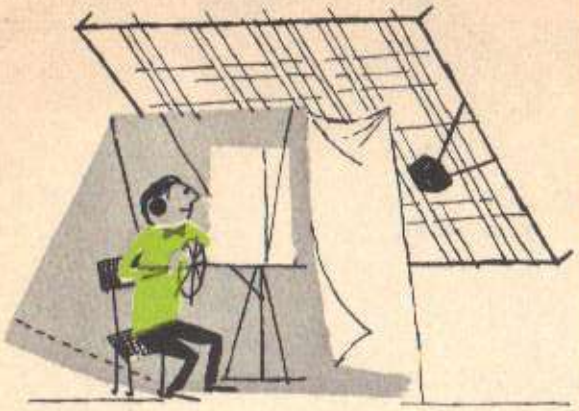
24. cómo se pronostica

Una de las principales ayudas que tienen los pronosticadores del tiempo es el "mapa meteorológico cotidiano". Ese mapa indica las características del aire próximo al suelo — los vientos, las altas y las bajas y los frentes.

Preparar un mapa meteorológico es una tarea difícil. Requiere la colaboración de muchas personas. El Servicio Meteorológico, con estaciones distribuidas en todo el país, organiza esa labor.

Todos los días, simultáneamente, los meteorólogos del gobierno trabajan en sus respectivas estaciones, haciendo observaciones. Anotan la posición y la clase de nubes, toman la dirección y la velocidad del viento, miden la temperatura, la presión y la humedad. Todos esos informes se envían por teletipo a la oficina central que los incluye en un mapa maestro.

Los pronosticadores del tiempo probablemente son los que más recurren a claves. Pero su clave no es secreta. Es internacional y la puede leer cualquiera, sea cual fuere su idioma. Los

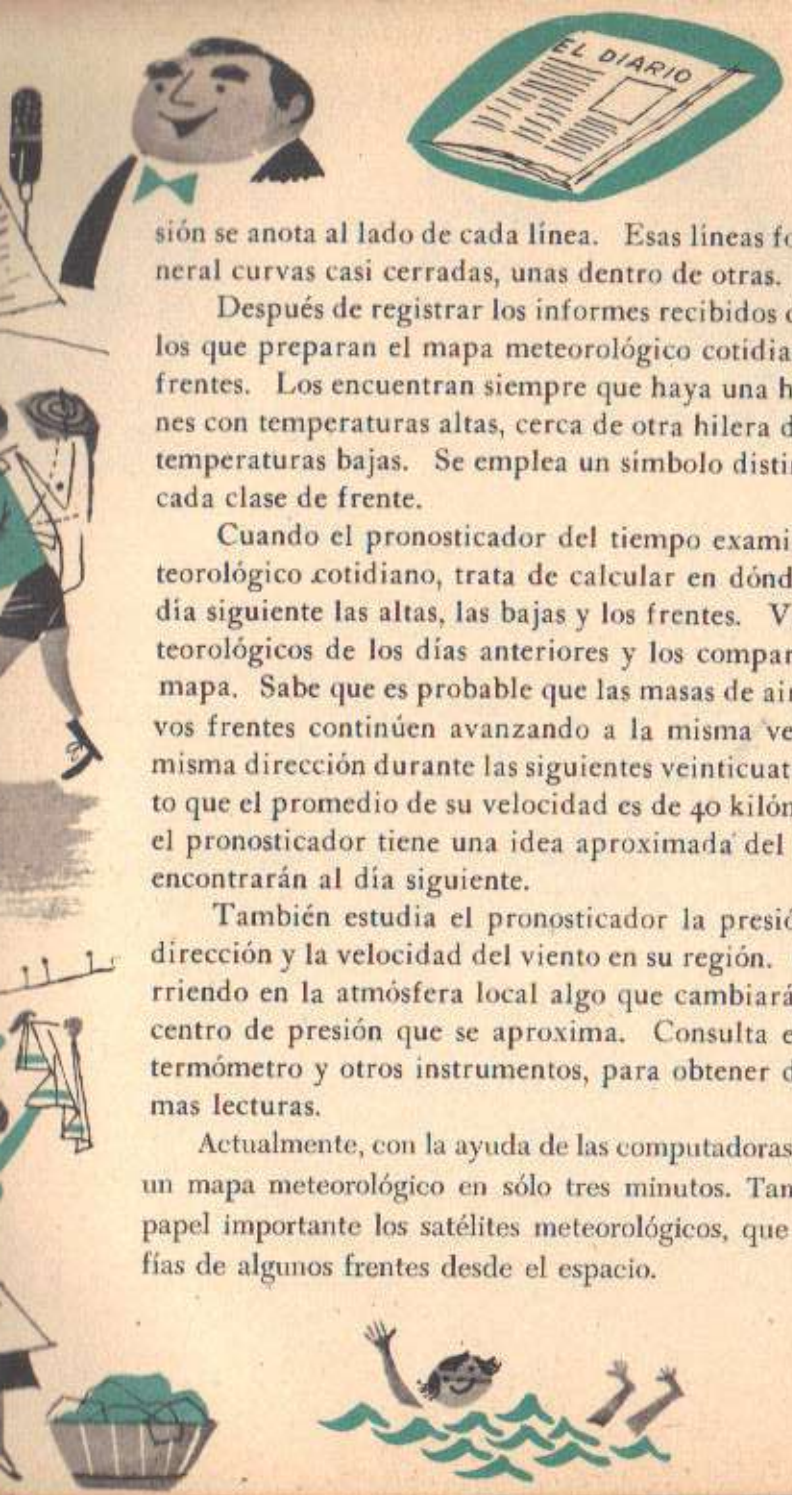


pronosticadores la fueron perfeccionando, para que los observatorios de todo el mundo pudieran intercambiar informes.

Se emplean números clave en el envío de informes a la oficina receptora. Esos números están dispuestos en grupos de cinco. El significado de cada uno depende de la posición que ocupe en el grupo, y del grupo en que se encuentre. Por ejemplo, un mensaje podría ser éste: 40530 83220 12716 24731 67228 74542.

El 405 corresponde al número de la estación que informa. El 30 que sigue es la temperatura en que ocurre la condensación. En el siguiente grupo, 8 significa "muy nublado"; el 32 se refiere a la dirección del viento y significa "320 grados", que es el noroeste; 20 corresponde a "20 nudos por hora", o sea la velocidad del viento. Cada uno de los demás números también tiene un significado concreto.

En la estación central se descifran los números y sus informes se incluyen en el mapa, en forma gráfica. Las estaciones informantes aparecen como pequeños círculos y los símbolos que describen las características del estado del tiempo en sus respectivas regiones se agrupan en torno del círculo. Se trazan líneas entre las estaciones con la misma presión. La lectura de la pre-



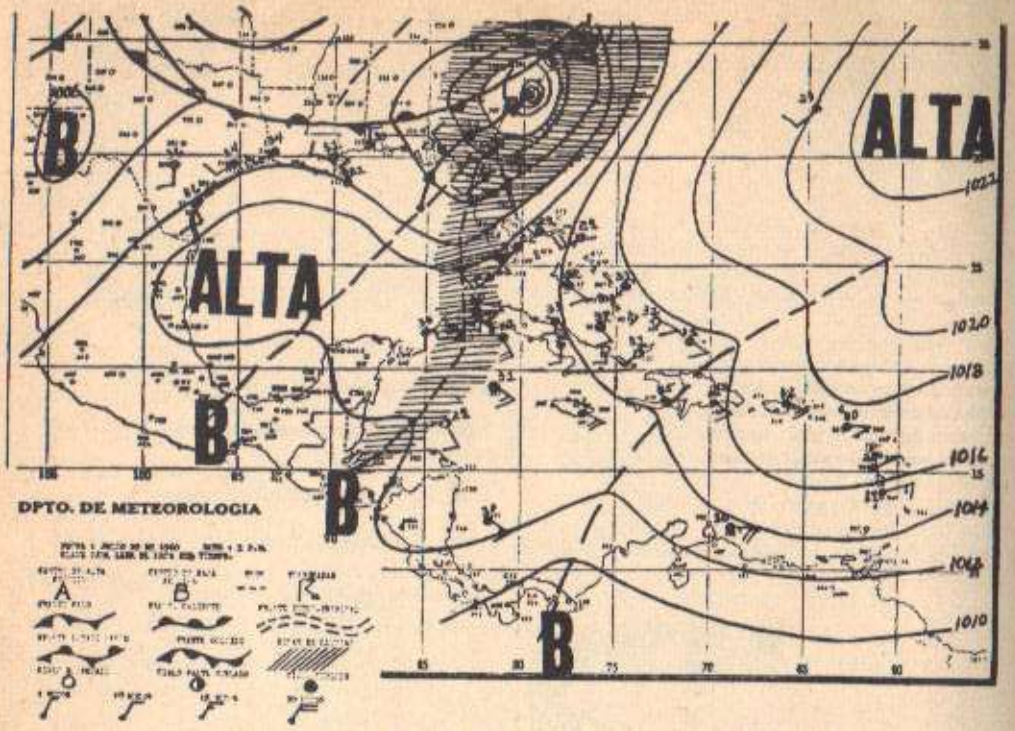
sión se anota al lado de cada línea. Esas líneas forman por lo general curvas casi cerradas, unas dentro de otras.

Después de registrar los informes recibidos de las estaciones, los que preparan el mapa meteorológico cotidiano localizan los frentes. Los encuentran siempre que haya una hilera de estaciones con temperaturas altas, cerca de otra hilera de estaciones con temperaturas bajas. Se emplea un símbolo distinto para señalar cada clase de frente.

Cuando el pronosticador del tiempo examina el mapa meteorológico cotidiano, trata de calcular en dónde se hallarán al día siguiente las altas, las bajas y los frentes. Ve los mapas meteorológicos de los días anteriores y los compara con el último mapa. Sabe que es probable que las masas de aire y sus respectivos frentes continúen avanzando a la misma velocidad y en la misma dirección durante las siguientes veinticuatro horas. Puesto que el promedio de su velocidad es de 40 kilómetros por hora, el pronosticador tiene una idea aproximada del lugar en que se encontrarán al día siguiente.

También estudia el pronosticador la presión del aire y la dirección y la velocidad del viento en su región. Quizá esté ocurriendo en la atmósfera local algo que cambiará el curso de un centro de presión que se aproxima. Consulta el barómetro, el termómetro y otros instrumentos, para obtener de ellos las últimas lecturas.

Actualmente, con la ayuda de las computadoras, se puede trazar un mapa meteorológico en sólo tres minutos. También juegan un papel importante los satélites meteorológicos, que envían fotografías de algunos frentes desde el espacio.



COMO SE LEE UN MAPA METEOROLOGICO

Los mapas meteorológicos que aparecen en muchísimos periódicos son menos complicados que los mapas meteorológicos del gobierno, de donde se preparan los primeros. En ellos verás símbolos que parecen más bien notas musicales. Cada círculo representa una de las estaciones meteorológicas de donde se recibe la información del tiempo; su raya señala hacia el viento. Las líneas que salen de esa raya indican la fuerza del viento (vea la próxima página). En muchos periódicos las líneas se explican al final del mapa.

Notarás que algunos de los círculos son negros, algunos parcialmente negros y otros blancos. La sombra indica la intensidad de las nubes en la estación, según se explica en la tabla en la próxima página. Así pues el símbolo ↘——○ querrá decir que el cielo está despejado y que hay brisa del oeste de 5-8 km por hora.

El número en cada estación indica la temperatura al momento del informe. Las cifras decimales bajo el número de la temperatura representa la cantidad de lluvia o nieve (en pulgadas) caídas durante las seis horas anteriores a la hora citada en el mapa. Las sombras grises en el mapa indican aquellas zonas en las cuales ha caído nieve o lluvia en el interín de unas seis horas.

Las líneas delgadas y curvas unen puntos que tienen la misma presión de aire, y los números en el borde del mapa indican esta presión en milibares, unidades usadas por los meteorólogos al medir la presión.

Al principio se hace difícil comprender lo que significan estas líneas curvas en el mapa ya que éste es plano mientras que el aire tiene profundidad. Cada centro alto es realmente la cima de una montaña de aire, mientras que el centro bajo es el fondo del valle.

Para darse cuenta cómo las líneas curvas

siguen los altos y bajos, tome una cacerola y píntele anillos alrededor por la parte de afuera. Coloque la cacerola boca abajo en el mapa y se dará cuenta exacta cómo deben verse los altos. Imagínese que los anillos descienden por todo el mapa. Estos anillos no son otros que las líneas curvas alrededor de un centro alto.

Vuelque la cacerola boca abajo y se dará cuenta como es un bajo. Otra vez imagínese que los anillos siguen la trayectoria de líneas por todo el mapa y verá como se convierten en grandes curvas.

Obsérvese que las señales del viento en el mapa están colocadas de tal modo que indican cómo el aire, en espirales, da vueltas alrededor de zonas de alta y baja presión. Si se deja llevar por su imaginación casi puede sentir el aire soplando hacia fuera desde una alta y hacia adentro hacia una baja.

Las líneas fuertes negras dentadas indican los frentes. Sus salientes se colocan en el lado hacia el cual el frente se mueve. Su significado se explica más abajo.

CONDICIONES DEL CIELO

○	Despejado
◔	Menos un décimo o un décimo
◔	Dos tres décimos
◔	Cuatro décimos
◑	Cinco décimos
◕	Seis décimos
●	Siete ocho décimos
●	Nueve décimos o nublándose con claros
●	Completamente nublado
⊗	Cielo oscuro

FUERZA DEL AIRE

	Km por hora		Km por hora
◎	Calma		44–49
	1–4		50–54
	5–8		55–60
	9–14		61–66
	15–20		67–71
	21–25		72–77
	26–31		78–83
	32–37		84–89
	38–43		119–123

FRENTES

	Frente cálido
	Frente frío
	Frente estacionario (división entre dos masas de aire que casi están inmóviles)
	Frente ocluido (línea a lo largo de la cual el aire caliente ha sido elevado por una acción de cuña por el aire frío)

25. pronostique usted mismo el tiempo

Es divertido tratar de pronosticar el tiempo como si fueras un experto meteorólogo. Guarda el mapa meteorológico que sale todos los días en el periódico y cuando tengas unos cuantos, compáralos. Si no puedes conseguir éstos, dile a tu profesora de ciencias que pida a la oficina meteorológica del gobierno el mapa oficial diario del tiempo.

Coloca los mapas en una tablilla o si no consérvalos ordenadamente en una libreta. Usalos con un barómetro y podrás seguir la marcha de los altos y bajos y observar los frentes.

La tabla en la página siguiente es una guía excelente para pronosticar el tiempo de la parte norte de este hemisferio. Puede usarse con el barómetro de la botella de leche, si es que no tienes un barómetro adecuado. Los movimientos de la pajilla indicará si la presión sube o baja. Esto es lo más importante ya que una baja presión causa nubarrones y tormentas, mientras que la subida de la presión trae un tiempo bueno y claro.

Después de pronosticar el tiempo, anótalo. Más tarde puedes compararlo con el del pronosticador oficial y con el mismo tiempo. Quizás tanto tú como el pronosticador estén equivocados, pero lo que el tiempo "diga" será lo correcto. No puede ser de otra manera ya que el tiempo sigue las leyes de la naturaleza.

Dirección del viento	Presión a nivel del mar	Pronóstico
SO a NO	30.10–30.20 y fija	Bueno por 1 ó 2 días
SO a NO	30.10–30.20 y ascendiendo rápidamente	Bueno, seguido de lluvia a los dos días
SO a NO	30.20 y arriba, y descendiendo lentamente	Temperatura ascendiendo lentamente, y buen tiempo por dos días
SO a NO	30.20 y arriba, y estacionaria	Continúa bueno, sin cambio de temperatura notable
S a SE	30.10 a 30.20, y descendiendo lentamente	Lluvia dentro de 24 horas
S a SE	30.10 a 30.20, y descendiendo rápidamente	Viento rápido con lluvia dentro de 12 a 24 horas
SE a NE	30.10 a 30.20, y descendiendo lentamente	Lluvia dentro de 12 a 18 horas
SE a NE	30.10 a 30.20, y descendiendo rápidamente	Vientos rápidos y lluvia a las 12 horas
E a NE	30.10 y arriba, y descendiendo lentamente	En verano, no caerá lluvia durante varios días; en invierno, lluvia a las 24 horas
E a NE	30.10 y arriba, y descendiendo rápidamente	En verano, caerá lluvia quizás de las 12 a las 24 horas; en invierno, lluvia o nieve cuando el barómetro comience a descender
SE a NE	30.00 ó debajo, y descendiendo lentamente	Lluvia durante 1 ó 2 días
SE a NE	30.00 ó debajo, y descendiendo rápidamente	Lluvia y vientos altos; aclarando a las 36 horas
S a SO	30.00 ó debajo, y ascendiendo lentamente	Aclarando en pocas horas; y buen tiempo durante varios días
S a E	29.80 ó debajo, y descendiendo rápidamente	Se avecina gran tormenta; aclarando a las 24 horas
E a N	29.80 ó debajo, y descendiendo rápidamente	Fuertes ventarrones del NO y lluvia; en invierno, mucha nieve
Hacia el O	29.80 ó debajo, y ascendiendo rápidamente	Aclarando y más frio

Esta tercera reimpresión de la 23a. edición de MIS PRIMEROS CONOCIMIENTOS, que consta de 10 000 colecciones, se terminó de imprimir el mes de marzo de 1986 en los talleres de Gráfica Impresora Mexicana, S.A., Nogal 212, Cuahútemoc 06400, México, D.F.